N° 46. Sept. 1919.

29e Numéro spécial : 2 fr.

LA SCIENCE ET LA VIE

Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

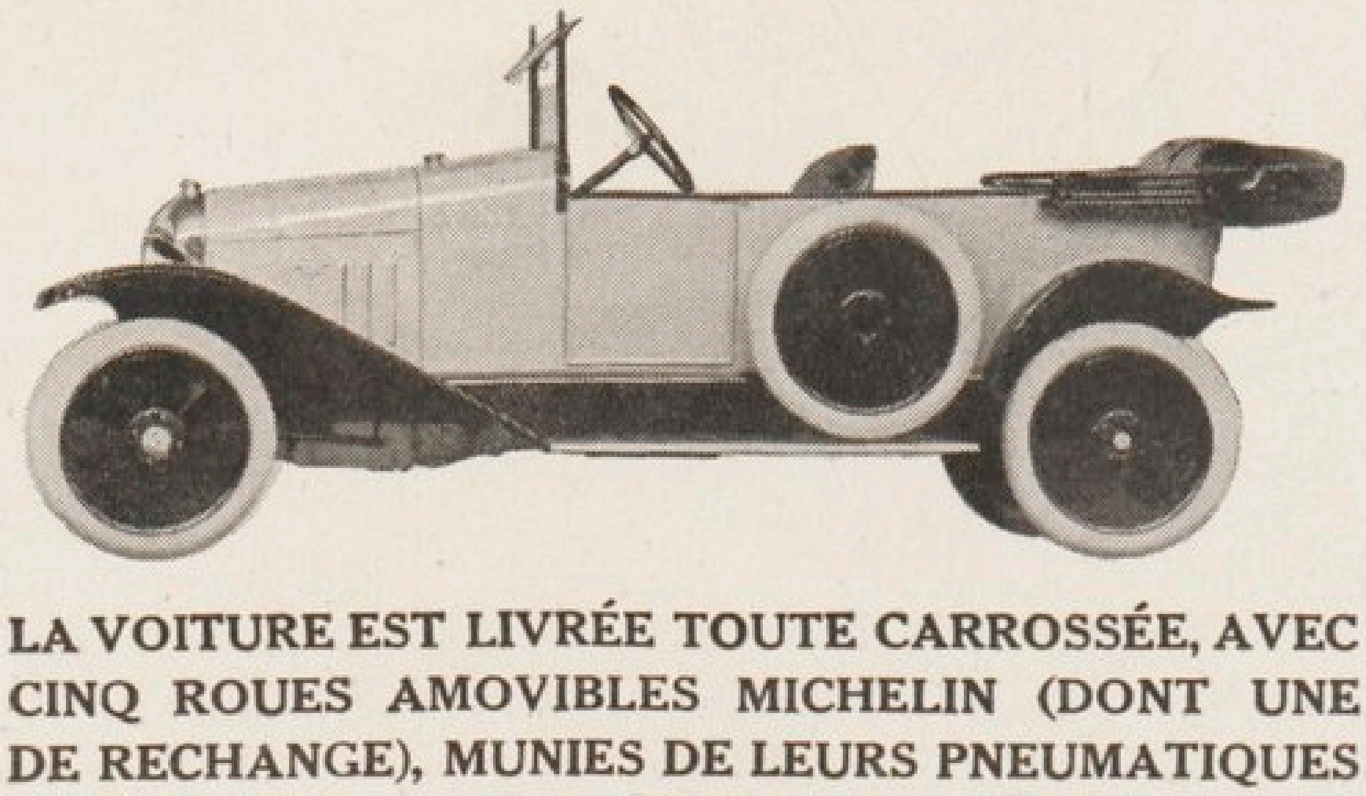
André

CITROËN

LA NOUVELLE 10 HP

La première voiture française construite en grande série

Aux trois exigences de l'acheteur : élégance, solidité, économie, la fabrication en série peut, seule, donner satisfaction. Chacune des pièces qui constituent la **10 HP** A. CITROEN a dû passer, avant d'être admise comme type définitif de la série, par le crible d'innombrables expériences de laboratoire. Aucun autre système de fabrication ne permet de faire une étude aussi coûteuse et aussi minutieuse des moindres détails d'une machine.



ÉCLAIRAGE
ET DÉMARRAGE
ÉLECTRIQUES

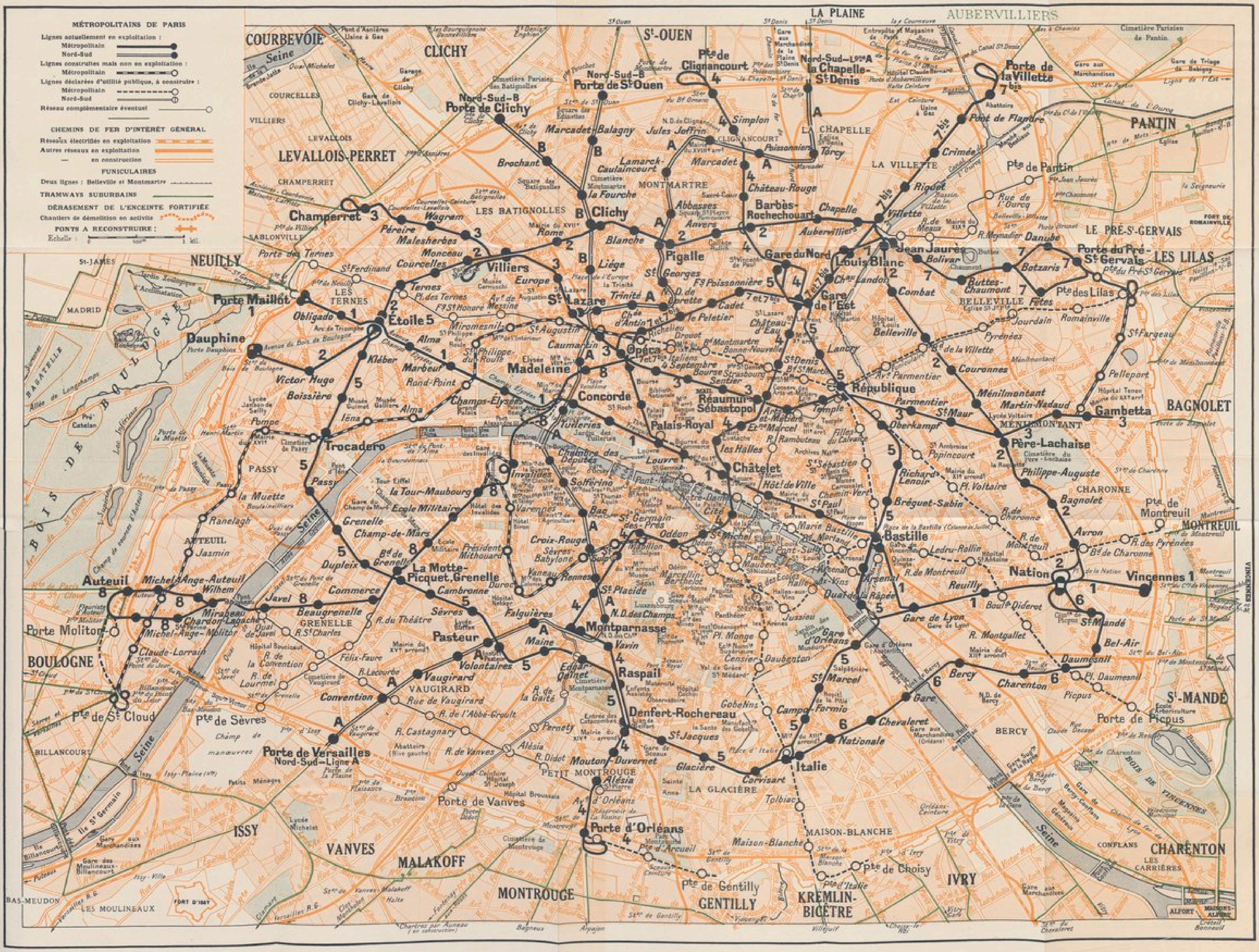
LA VOITURE EST LIVRÉE TOUTE CARROSSÉE, AVEC CINQ ROUES AMOVIBLES MICHELIN (DONT UNE DE RECHANGE), MUNIES DE LEURS PNEUMATIQUES

113–145 . QUAI DE JAVEL . PARIS

Édité par
"LA SCIENCE ET LA VIE"

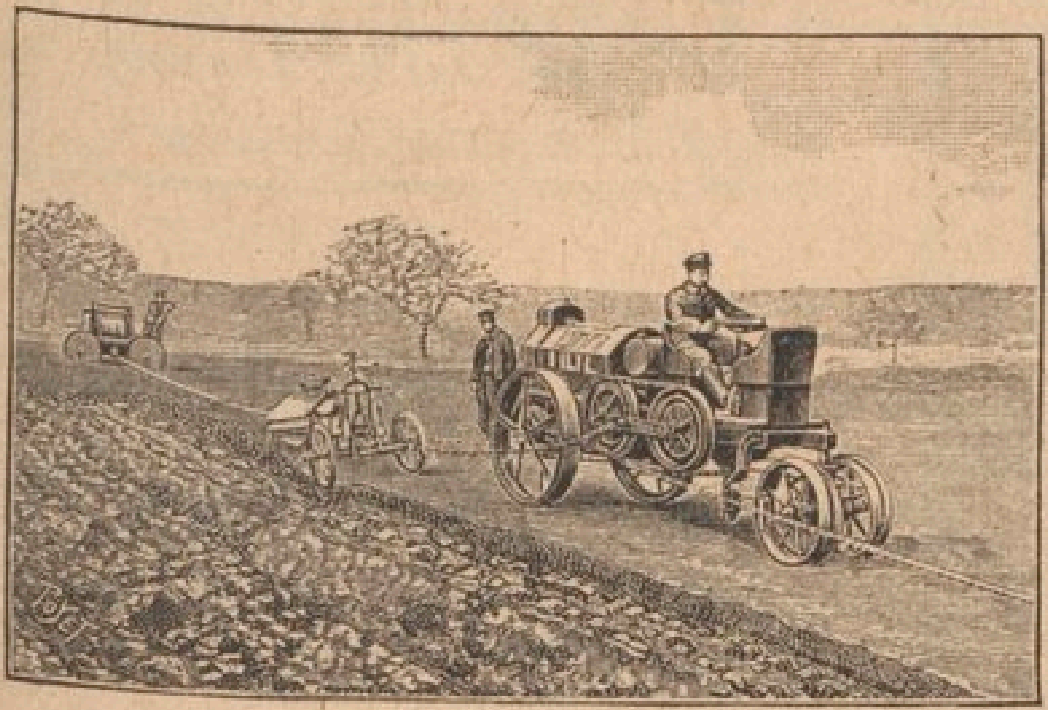
LE MÉTROPOLITAIN DE PARIS ET LE NORD-SUD

Numéro 46
AOUT-SEPTEMBRE 1919



AGRICULTEURS lisez ceci :

Labours à plat en Traction par CABLE
Labours à plat en Traction DIRECTE
Retours sans virages en 20 secondes

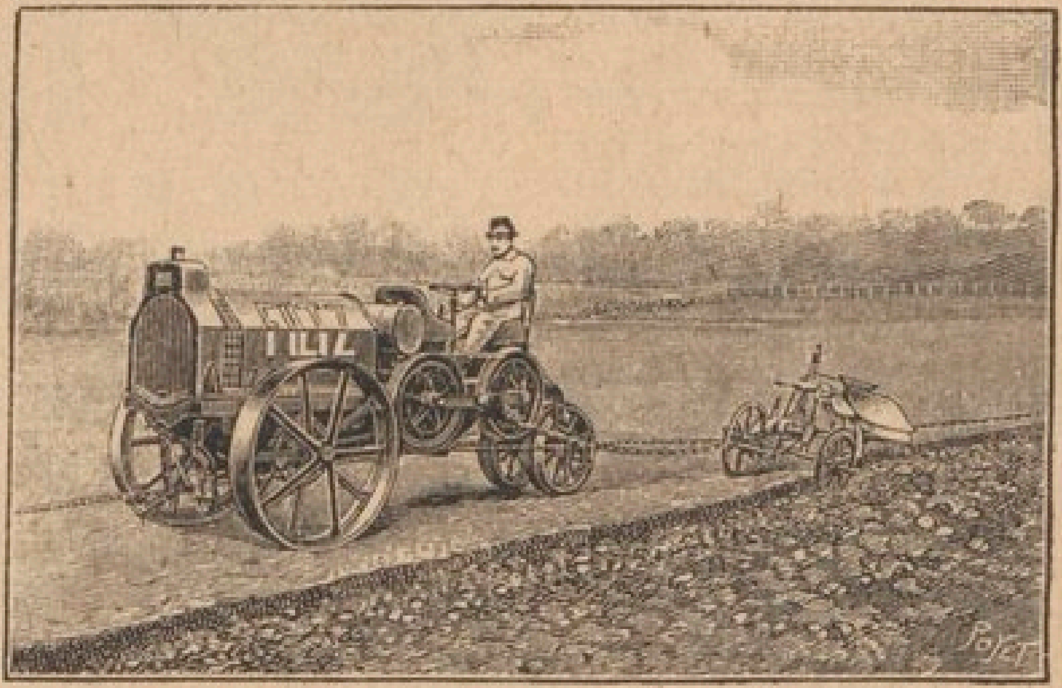


TRACTEUR
FILTZ-GRIVOLAS

MARCHE EN AVANT

TRACTEUR
FILTZ-GRIVOLAS

MARCHE A RECULONS



Tous les Agriculteurs veulent labourer A PLAT
Pour cela, il faut un Tracteur marchant EN NAVETTE
le tracteur FILTZ-GRIVOLAS répond à cette condition

Car il fait le va-et-vient sans être obligé de se retourner sur lui-même. - Au bout de la raie, le Conducteur change de siège et le tracteur reprend sa marche en sens inverse.

DONC, **quand on possède un FILTZ, on a en réalité deux tracteurs :** UN pour labours profonds ou ordinaires, par tous temps (marche au câble) ; l'AUTRE, labours ordinaires et façons superficielles (marche en traction directe). - *Dans les deux cas, on laboure à plat.*

Pour tous renseignements s'adresser à la
Société MATÉRIEL DE CULTURE MODERNE
3, Rue Taitbout, 3 - PARIS

NOUS LIVRONS DÈS MAINTENANT
tous Modèles pour Voitures, Camions, Motocyclettes, Canots automobiles, etc...

Société du

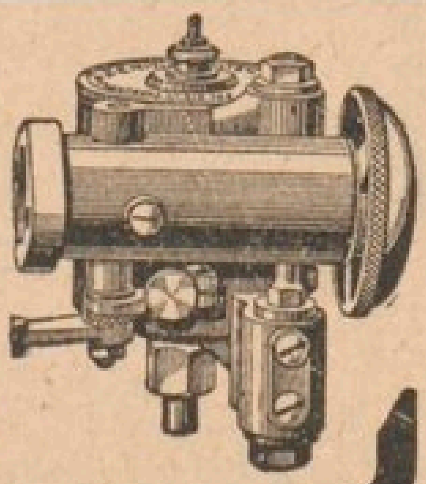
Carburateur ZÉNITH

SIÈGE SOCIAL ET USINES : *51, Chemin Feuillat, LYON*

Maison à Paris :
15, Rue du Débarcadère, 15

Usines et Succursales :
PARIS, LYON, LONDRES, MILAN, TURIN, GENÈVE, DETROIT, NEW-YORK.

Le Siège social, à Lyon, répond par courrier à toutes Demandes d'ordre technique ou commercial.



Les Classeurs
Les Dossiers

“ Le GRENADIER ”
sont les meilleurs !...

? Pourquoi ne les essayez-vous pas ?

René SUZÉ
9, Cité des Trois-Bornes
PARIS (XI^{e})

RENAULT Billancourt (Seine)

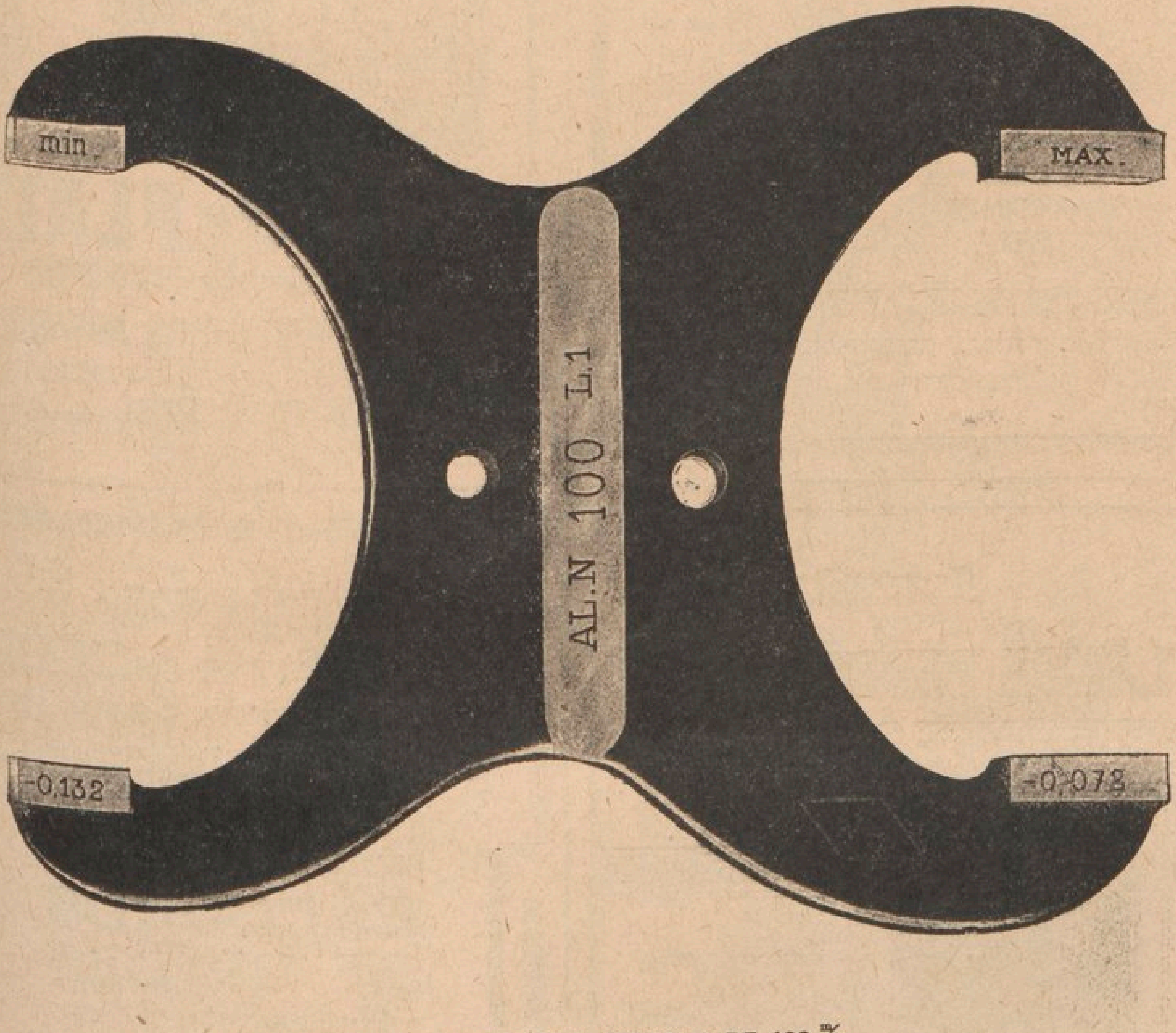
Ses **Voitures** de 10 à 40 HP.
Ses **Camions** de 1.200 k^{os} à 7 T^{nes}
Ses **Tracteurs** à 4 roues motrices
Ses **Moteurs** de toutes puissances
Ses **Tracteurs** agricoles à chenilles

Les meilleurs
Les plus économiques

FABRIQUE DE CALIBRES FONDÉE EN 1912

LA PRÉCISION MÉCANIQUE

11, RUE VERGNIAUD - PARIS
189, COURS GAMBETTA - LYON



CALIBRE MACHOIRE DOUBLE DE 100 m/m
POUR AJUSTAGE LIBRE

LE TABLEAU DU SYSTÈME DE NOS CALIBRES A LIMITES EST ADRESSÉ GRATUITEMENT SUR DEMANDE

SOCIÉTÉ MÉCANIQUE du RHONE
7, Quai Claude-Bernard - LYON

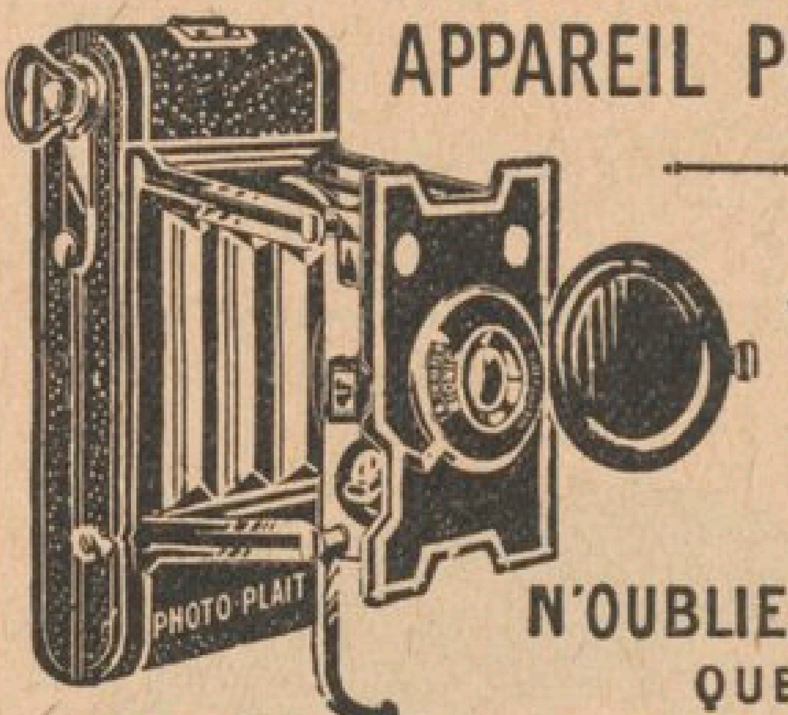
INVENTIONS PRATIQUES
répondant à des besoins réels

Brevets et droits de licence
concessions exclusives de vente à céder en tous pays :

MANDRIN " JONAZ " à desserrage instantané
FILIÈRES " JONAZ " à coussinets mobiles et réglage de précision ; filières de mécaniciens, filières à tubes et filières de tour.
AGRAFES " JONAZ " pour courroie articulée sans axe.
INTERRUPTEUR
DOUILLE à CLÉ
PRISE de COURANT
COMMUTATEUR
" JONAZ " pou lampes électr esr

PERFORATRICE " JONAZ " à main
pour marbriers, serruriers, plombiers, électriciens, etc., etc.

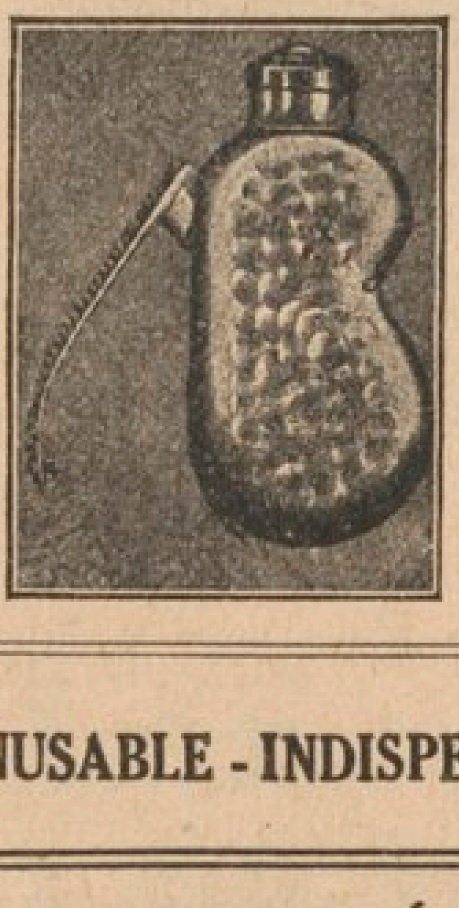
EN EXCURSION
& EN VOYAGE !!!
EMPORTEZ UN
APPAREIL PHOTO



N'OUBLIEZ PAS
QUE
PHOTO - PLAIT
37, Rue Lafayette. PARIS-OPÉRA
VEND LES MEILLEURS APPAREILS
SON CATALOGUE GÉNÉRAL EST ADRESSÉ GRATIS
ET FRANCO SUR DEMANDE

En vente dès maintenant

LAMPE PERPÉTUELLE
SYSTÈME " LUZY " BREVETÉ S. G. D. G.



Lampe de poche sans pile ni accumulateur.

Fonctionnant au moyen d'une magnéto.

INUSABLE - INDISPENSABLE A TOUS

Cie Gle DES LAMPES ÉLECTRO-MÉCANIQUES
86, Rue de Miromesnil, 86 - PARIS
Téléphone : Wagram 88-57

TUBES
en FER et en ACIER
soudés et sans soudure
pour l'Air, le Gaz, l'Eau, la Vapeur, Canalisations, Chaudières, Presses Hydrauliques, Chauffage à Vapeur et Eau Chaude.

SERRURERIE - CHAUDRONNERIE
RACCORDS ET BRIDES
Outillage pour Tubes

ROBINETTERIE GÉNÉRALE, VANNES
pour toutes applications
POMPES
Stock permanent.

E. SERGOT, P. MANEN et Cie
44, Rue des Vinaigriers, 44 - PARIS
Téléphone : **Nord 35-97 et 75-68**

BURBERRYS

VÊTEMENTS IMPERMÉABILISÉS
de VILLE, VOYAGE, CAMPAGNE, SPORT,
et toutes les phases de LA VIE AU GRAND AIR

Fait dans les meilleures qualités de tissus de fabrication britannique et renforcés par l'imperméabilisation, l'équipement *Burberrys* est absolument le meilleur pour les *Sports*, l'*Automobile*, et le *Voyage*. Chaque modèle, spécialement dessiné pour son usage particulier, est le résultat de beaucoup de recherches et d'expériences, réunissant ainsi le point de vue du fabricant-expert et du "World-Traveller".

Le BURBERRY
Imperméable léger
et pratique.

Le MONTY-COAT
Pardessus élégant de demi-saison.

CATALOGUE et ÉCHANTILLONS FRANCO sur DEMANDE

BURBERRYS

TOUT véritable vêtement Burberrys porte cette étiquette.

8 et 10, Boulevard Malesherbes

PARIS

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE DE GÉNIE CIVIL ET DE NAVIGATION

Subventionnée, patronnée ou recommandée par l'Etat, les Industriels et les Armateurs.

73, boulevard Pereire, PARIS-XVII^e^ (13^e^ Année)

DIRECTEUR J. GALOPIN, ✪, INGÉNIEUR CIVIL, EX-OFFICIER MÉCANICIEN

COURS ENSEIGNÉS :

Mathématiques, Mécanique, Machines à vapeur, Moteurs, Dessin, Électricité, Automobile, Aviation, T. S. F., Langues, Droit, etc.

300 ouvrages rédigés par 125 professeurs spécialistes

Plus de 200.000 Cours suivis en 1918

Résultats aux Examens : **96 %**

Placement gratuit
par la Société des anciens élèves
(Plus de 3.000 situations procurées)

Revue Technique Mensuelle
LE MÉCANICIEN ÉLECTRICIEN
(Tirage : 12.000)
spécimen gratuit

Cours sur place
Jour et soir.

LEÇONS particulières
COURS de vacances

1907 — 10 élèves
1908 — 32 élèves
1909 — 54 élèves
1910 — 87 élèves
1911 — 185 élèves
1912 — 313 élèves
1913 — 1.189 élèves
1914 — 2.157 élèves
1915 — 3.213 élèves
1916 — 3.918 élèves
1917 — 5.623 élèves
1918 — 8.583 élèves

MARINES DE GUERRE ET DE COMMERCE

Tous les Concours du Pont, de la Machine et des Bureaux

NAVIRE-ECOLE

ARMÉE

Cours d'Aspirants, Saint-Cyr, etc.

ADMINISTRATIONS

Arsenaux, Mines, Ponts-et-Chaussées, Postes et Télégraphes, Poudres et Salpêtres, Chemins de Fer, Manufactures de l'Etat, Douanes, etc.

ÉCOLES SPÉCIALES

École Centrale, Supérieure d'Électricité, d'Aéronautique, des Ponts, des Postes, Génie Maritime, Physique, Chimie, Polytechnique, Baccalauréats, Licences.

INDUSTRIE

Diplômes délivrés à tous les grades : Ingénieurs, Sous-Ingénieurs, Chefs d'Atelier, Conducteurs, Contremaîtres, Monteurs, Surveillants

(Mécaniciens, Electriciens, Dessinateurs, Chimistes, Géomètres, Mines, Topographes, Constructions Navales, T.S.F., Agriculture, Travaux publics)

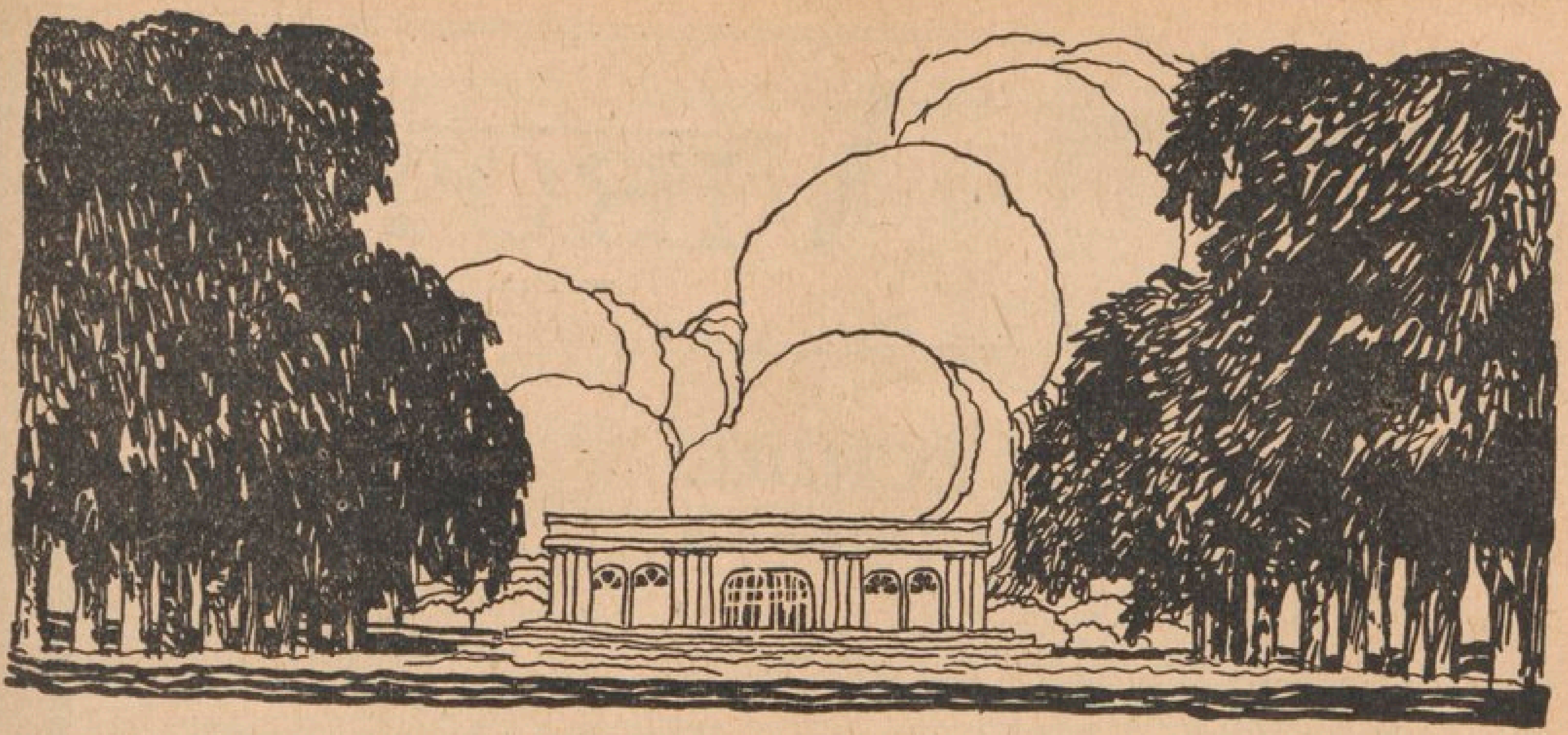
Section féminine sur place de calqueuses et dessinatrices industrielles

Renseignements et Programme N° 10 gratis

BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES

Pour toutes les branches de l'Industrie

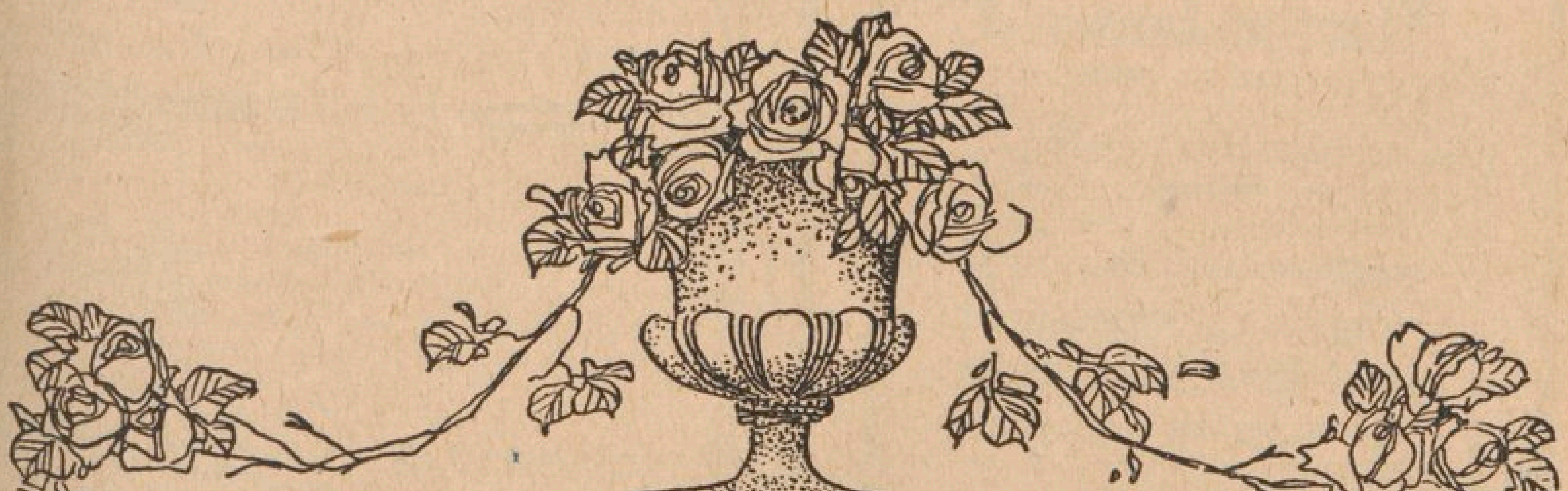
L'Enseignement par Correspondance permet à chacun de travailler seul les matières qu'il veut, quand il le peut et comme il le désire. *Il est le moyen le plus certain d'améliorer votre situation aujourd'hui ou demain.*



LA REVUE

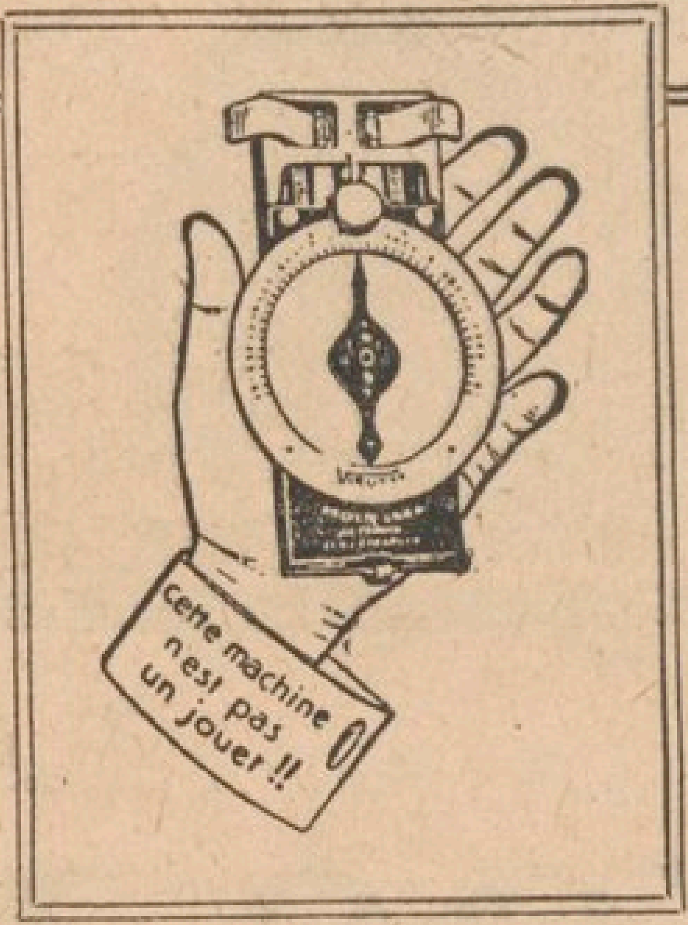
NOS LOISIRS

**complètement transformée...
s'est affirmée, dès ses premiers
numéros, la plus grande revue
littéraire moderne.**



SOCIÉTÉ DES REVUES ET PÉRIODIQUES ILLUSTRÉS

"VIROTYP"



MACHINE A ÉCRIRE
de poche et de bureau

UNIQUE EN SON GENRE
Invention et fabrication françaises

Prix : *Depuis* 75 frs
Garantie UN an. - Notice franco sur demande

PARIS - 30, Rue de Richelieu, 30 - PARIS

Au BRÉSIL

à SANTOS
(ÉTAT DE SAINT-PAUL)
La plus grande place commerciale après celle de Rio-de-Janeiro et la *Troisième* de l'Amérique du Sud.

Americo
Martins Junior et Cie
(AU CAPITAL DE 80.000 FRANCS)

Commissionnaires en Marchandises

sont à votre disposition pour vous représenter, recevoir vos marchandises et vous en expédier.

Praça da Republica, nº 12, à SANTOS
État de Saint-Paul :: BRÉSIL

NOS LOISIRS
est pour les lettres

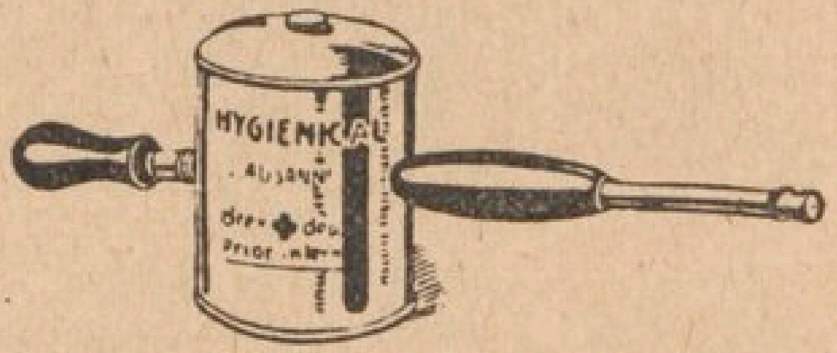
CE QUE

LA SCIENCE ET LA VIE
est pour les Sciences et l'Industrie

GRAND SUCCÈS
DU
Pulvérisateur "IDÉAL"

BREVETS ET BREVETS INTERNATIONAUX

SERINGUE-VAPORISATEUR ***perfectionnée pour la projection des liquides à une distance de plusieurs mètres en une buée très fine ou en un jet direct.***



CE NOUVEL APPAREIL à répétition sert à l'arrosage des plantes d'appartements, pour la serre, pour les jardins, pour la destruction des parasites des arbres, arbustes, pour les insecticides et le sulfatage, pour la désinfection des locaux d'habitation, locaux de spectacles, cliniques, hôpitaux, écoles, etc.

SON EMPLOI est aussi très apprécié dans les fabriques de tabacs, fabriques de tissus, blanchisseries ; à la campagne, contre les parasites des jardins, des clapiers, poulaillers, écuries, etc.

DANS LES COLONIES et les Pays des tropiques, pour la lutte contre les moustiques, contre les parasites des plantations, etc,

UNE INNOVATION à grand succès et très appréciée dans les usines et fabriques de machines a été faite avec l'appareil *Idéal* pour huiler les machines et pièces de machines, mécanismes de précision, métiers à tisser, à broder, broches, etc. dont les parties délicates doivent être entretenues par un graissage minutieux, soigné et fréquent.

Cet appareil permet de projeter de l'huile en buée, dans toutes les parties difficiles à atteindre au chiffon, avec une économie d'huile, travail rapide et soigné, etc.

APPAREILS à MAIN AVEC RÉCIPIENT en laiton poli ou cuivre. 1/2 litre, 1 et 1 litre 1/2. Au détail, de : **15** à **30** francs

TUBES - RALLONGES EN LAITON de 50 cm. à 1 mètre, dont on peut mettre un ou plusieurs à volonté s'il s'agit de vaporiser contre des arbres, à une grande distance, dans les lieux difficiles à atteindre, etc.

RÉCIPIENT A DOS ET A BRETELLES en cuivre, avec piston à répétition en laiton, caoutchouc (1 m.) et rallonge coudée (2). Francs **75**
double vaporisateur (3) en plus, fr. **5**

Cet appareil est employé dans les jardins, les vergers, la campagne, etc., pour la lutte contre les insectes et tous les parasites des arbres, plantes, cultures, etc.

ESSENCE CONCENTRÉE désinfectante et parfumée "HYGIENICAL" contre les épidémies, les odeurs, la fumée et pour le rafraîchissement de l'air, à base de formaldehydes et grands désinfectants (5 à 10 grammes pour 1 litre d'eau).
Le flacon original. Francs **10**

Vente en gros - **Louis BLANC** - ***Fabricant-Propriétaire***
1, Rue Centrale, 1 - LAUSANNE (Suisse) - Origine garantie

T.S.F. LE MORSOPHONE
permet d'apprendre rapidement à lire au son les télégrammes transmis en signaux MORSE

Le *Morsophone* a été l'objet de perfectionnements qui font du Modèle 1919 un véritable appareil de luxe. Il est muni d'un dispositif permettant de l'utiliser pour rechercher les points sensibles des détecteurs à cristaux. On peut avec ce dispositif entendre dans un appareil de réception ordinaire, les vibrations du *Morsophone* placé à une distance de dix à quinze mètres et même davantage,

Envoi franco de la Notice explicative :
CH. SCHMID
12, Rue de la Gare :: BAR-LE-DUC

NOUVEAUTÉ !!!
CYCLISTES
seul le
CINESTAT
est un frein

PUISSANT - EFFICACE - DIFFÉRENTIEL
SOLIDE --- ESTHÉTIQUE

sans cable, sans tringles
sans dangers de rupture
sans bruit, sans usure.

Prix : 22 francs

"LE CINESTAT" 106, R. de Miromesnil
PARIS - *Tél.* : Wagram 72-24 - PARIS
(Voir description frein, page 375.)

APPAREILS DE CHAUFFAGE PAR L'ÉLECTRICITÉ
POUR USAGES DOMESTIQUES ET USAGES INDUSTRIELS

RADIATEURS ***RÉCHAUDS - ÉTUVES - FERS A REPASSER - GRILLE-PAIN, etc.***

Cie Gle DE TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE (Anciens Éts Clémançon)
23, Rue Lamartine - PARIS (9e) :: Téléph. : Gutenberg 17-40, 18-58

LE GRAND ILLUSTRÉ QUOTIDIEN
EXCELSIOR
est
le Journal
le plus moderne
du Monde

LANTERNES · PHARES · LAMPES

DÉMARREURS
MAGNÉTOS
DYNAMOS

S.E.V.

26, RUE GUYNEMER ISSY (SEINE)

LANCENT
ALLUMENT
ÉCLAIRENT

BOUGIES · ACCUMULATEURS

ADRESSER TOUTE DEMANDE DE RENSEIGNEMENTS ET DE CATALOGUE
au Service V

Pathé
Voici ce qu'il vous faut !
Avoir un PATHÉPHONE, c'est faire preuve de goût, de logique & de compétence.
LES DISQUES PATHÉ, À SAPHIR INUSABLE, Bté S.G.D.G. ONT FRAPPÉ A MORT LES DISQUES À AIGUILLE DE TOUTES MARQUES. LE RÉPERTOIRE DES DISQUES PATHÉ FORME UNE COLLECTION UNIQUE DE 20.000 MORCEAUX.
Je chante sans aiguille avec un saphir inusable
PATHÉPHONE MODÈLE 95
LA PREMIÈRE MARQUE DU MONDE
COMPAGNIE GÉNÉRALE DES MACHINES PARLANTES
PATHÉ FRÈRES
Salons de vente & d'auditions, 30, Boulᵈ des Italiens - PARIS

No 46. # SOMMAIRE Tome XVI.

(AOUT-SEPTEMBRE 1919)

Les preuves de l'existence des atomes et des molécules .. .. Jean Becquerel 195
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Les machines à réduire pour la gravure en médailles par les procédés modernes . .. . Etienne Richeberg 207

Ce qu'est devenu le phonographe après quarante années d'efforts .. .. René Brocard. 217

La paix va-t-elle nous ramener les feux d'artifice ? .. .. P. Marchesini. 231

Le remontage automatique des appareils d'horlogerie . .. . R. Chevalier 245
Ingénieur E. P. C. I.

Grâce à des appareils spéciaux, les trains peuvent s'arrêter automatiquement.. .. .. Jules Tardif 261

Des wagons-citernes en ciment armé. 267

Les gisements de potasse dans le monde entier. Stanislas Meunier 269
Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

Nous pourrons bientôt, sans doute, téléphoner en auto ou en marchant 283

La taille mécanique des diamants et des pierres précieuses .. .. E. de Grandchamp 285

L'électrification complète des mines de houille est devenue une nécessité. .. .. Charles Lordier 295
Ingénieur civil des Mines.

Les accidents d'aviation et l'avenir des aéroplanes de transport .. .. Georges Houard.. 311

En utilisant le gant alphabétique, les personnes sourdes ou aveugles peuvent converser avec tout le monde.. 324

Un progrès dans la construction des moteurs à explosion. .. .. Frédéric Matton.. 325
Ingén. des Arts et Manufact.

Une bicyclette à six vitesses 331

La conservation des insectes en ménagerie ou en collection .. .. Alp. Labitte 333
Attaché au Labor. de Biologie souterraine (Hautes-Etudes).

La banane, « fruit du paradis », est un aliment de premier ordre .. .. Robert Cénard 345

Les « nacelles flottantes » et les « plages artificielles ». .. .. Régis Durville. 357

Voulez-vous savoir comment on fabrique aujourd'hui les tonneaux en bois ?.. .. .. Achille Giroux 361

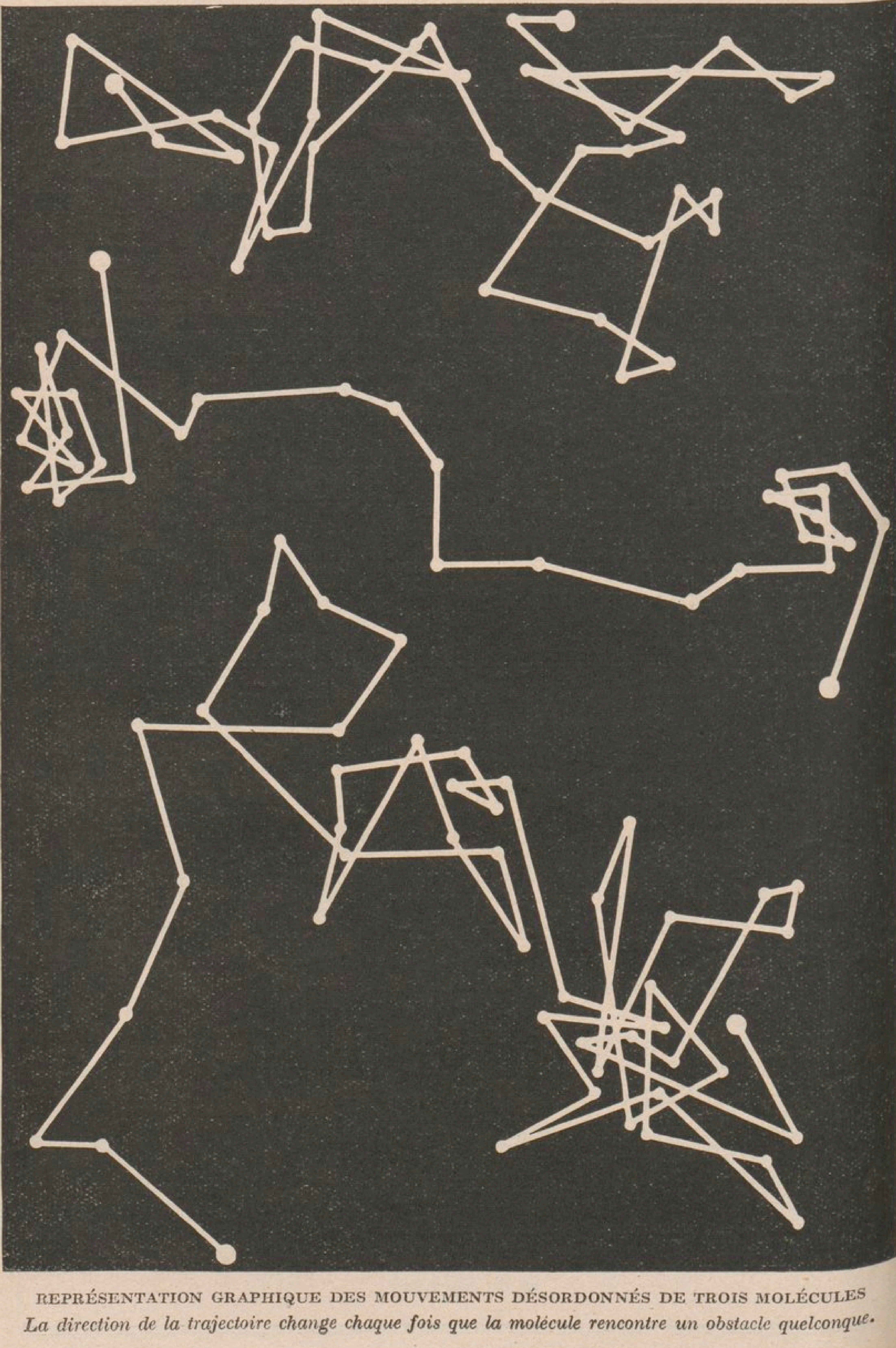
La coupe des tissus dans les ateliers de confection 373

Les A-côtés de la Science (Inventions, découvertes et curiosités) .. .. V. Rubor 375

Comment on protégea les navires contre les mines sous-marines 383

HORS TEXTE : Grande carte en couleurs des réseaux du Métropolitain de Paris et du Nord-Sud.

LES MOLÉCULES SONT EN PERPÉTUELLE AGITATION



REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES MOUVEMENTS DÉSORDONNÉS DE TROIS MOLÉCULES

La direction de la trajectoire change chaque fois que la molécule rencontre un obstacle quelconque.

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 11 francs, Etranger, 18 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pa s.
Copyright by La Science et la Vie *Août 1919.*

Tome XVI — Août-Septembre 1919 — Numéro 46

LES PREUVES DE L'EXISTENCE DES ATOMES ET DES MOLÉCULES [1]

Par Jean BECQUEREL

PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

L'IDÉE de la structure discontinue de la matière est fort ancienne. Plus de cinq cents ans avant notre ère, les philosophes Leucippe, Démocrite d'Abdère et Moschus de Sidon ont imaginé que la matière est formée d'atomes indivisibles et éternels qui se meuvent dans le vide infini. Dans une lettre célèbre, Epicure écrit à Hérodote qu'il existe deux sortes de corps, les composés et les éléments de cette composition ; ces derniers sont indivisibles, immuables, et dans un perpétuel mouvement ; ils s'enchaînent pour former des corps. Dans l'admirable poème de Lucrèce, nous trouvons des doctrines semblables. Enfin, les idées de Descartes et de Leibnitz sur la structure de la matière se ramènent à des conceptions tout à fait analogues.

Je me propose, dans cette étude, de montrer comment les progrès de la science ont permis de développer et de mettre au point les théories dont les philosophes antiques avaient eu l'intuition, et d'exposer les faits qui ont donné aux physiciens et aux chimistes la certitude de l'existence des atomes dont sont formés tous les éléments.

LE BOMBARDEMENT ATOMIQUE RENDU VISIBLE PAR LA SCINTILLATION D'UN ÉCRAN PHOSPHORESCENT

Chaque éclair lumineux marque sur l'écran l'arrêt d'un atome d'hélium (particule α) provenant de la désintégration d'un corps radioactif (dérivés de l'Uranium, tel le Radium)

Les lois chimiques fondamentales conduisent logiquement à admettre que la matière est discontinue.

Chacun sait qu'on distingue les corps chimiques en *éléments*, qu'on ne peut pas décomposer en d'autres corps, et en *corps composés*, formés par l'union de plusieurs éléments : l'hydrogène, l'oxygène sont des éléments ; l'eau, qui est une combinaison chimique d'hydrogène et d'oxygène, est un corps composé.

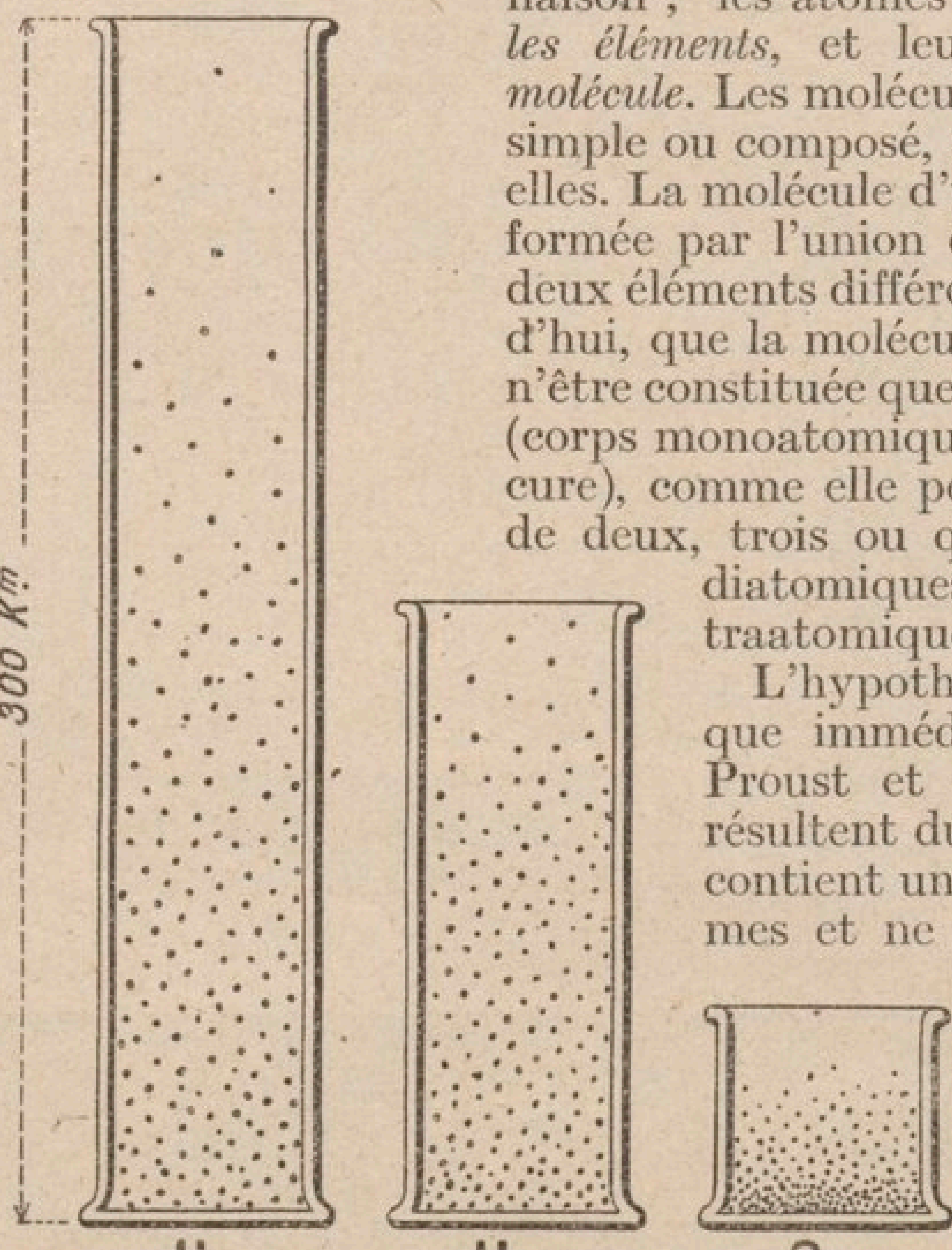
(1) Voir l'article de M. Jean Perrin dans *La Science et la Vie*, Juin 1913.

La *loi des proportions définies*, due à Proust, nous enseigne que *deux éléments se combinent, pour donner un ou plusieurs composés, suivant des proportions bien déterminées, qui ne peuvent pas varier d'une façon continue*. Voici un exemple : si l'on fait brûler 2 grammes d'hydrogène, on consomme 16 grammes d'oxygène et l'on obtient 18 grammes d'eau. Ce sont des proportions fixes : on ne peut pas obtenir un corps ayant des propriétés très voisines de celles de l'eau en changeant légèrement les proportions d'hydrogène et d'oxygène.

Il y a bien une deuxième combinaison : 2 grammes d'hydrogène et 32 grammes d'oxygène s'unissent pour donner 34 grammes d'eau oxygénée. Ici encore, les proportions sont fixes, mais entre les deux composés obtenus avec l'hydrogène et l'oxygène, il y a une discontinuité et l'eau oxygénée est un corps très différent de l'eau. Ce n'est pas par hasard que la quantité d'oxygène qui se combine avec une même quantité d'hydrogène est pour l'eau oxygénée *exactement* deux fois plus grande que pour l'eau : c'est un cas particulier de la loi de Dalton, dite *loi des proportions multiples*, qui peut s'énoncer ainsi :

Si l'on envisage tous les composés contenant, entre autres, deux éléments A *et* B, *et si l'on compare dans tous les composés les poids de* B *qui sont unis à un même poids de* A, *on trouve que ces poids de* B *sont toujours entre eux dans des rapports simples et très souvent égaux.*

Par exemple, dans les composés renfermant de l'oxygène et de l'azote, on constate que les poids d'oxygène qui peuvent s'unir à *28 grammes* d'azote sont *16 gr., 32, 48, 64, 80, 96*. Ces nombres sont proportionnels à 1, 2, 3, 4, 5 et 6 respectivement.



A TEMPÉRATURE SUPPOSÉE UNIFORME, LES MOLÉCULES D'HYDROGÈNE, D'HÉLIUM ET D'OXYGÈNE INTRODUITES EN MÊME NOMBRE DANS LES TROIS ÉPROUVETTES CI-DESSUS, SE RÉPARTIRAIENT COMME L'INDIQUE LA FIGURE

Pour expliquer ces lois, Dalton a admis que chaque élément est formé d'*atomes*, très petites particules identiques entre elles pour un même élément, mais différentes d'un élément à l'autre, qui, lorsqu'elles s'unissent dans les combinaisons chimiques restent néanmoins insécables.

L'atome d'un élément est la plus faible quantité de matière caractéristique de cet élément et susceptible d'entrer en combinaison ; les atomes s'unissent *même chez les éléments*, et leur union forme une *molécule*. Les molécules d'un même corps, simple ou composé, sont identiques entre elles. La molécule d'un corps composé est formée par l'union d'atomes d'au moins deux éléments différents ; on sait, aujourd'hui, que la molécule d'un élément peut n'être constituée que par un seul atome (1) (corps monoatomiques : exemple, le mercure), comme elle peut aussi être formée de deux, trois ou quatre atomes (corps diatomiques, triatomiques, tétraatomiques) et plus encore.

L'hypothèse atomique explique immédiatement les lois de Proust et de Dalton. Ces lois résultent du fait qu'une molécule contient un nombre entier d'atomes et ne peut varier que par l'entrée ou la sortie d'au moins un atome. Ainsi, admettons que le poids de l'atome d'hydrogène et celui de l'atome d'oxygène soient entre eux comme 1 et 16, que la molécule d'eau contienne 2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène, et que celle de l'eau oxygénée contienne un atome d'oxygène de plus, les proportions de ces deux éléments dans l'eau et l'eau oxygénée seront toujours : $\frac{2}{16}$ et $\frac{2}{32}$; ce seront des proportions fixes et sans intermédiaire possible, et, dans l'eau oxygénée, il y aura exactement deux fois plus d'oxygène que dans l'eau.

Pour connaître le nombre d'atomes qui composent une molécule, l'analyse chimique ne suffit pas; ici interviennent *la loi de Gay-Lussac* et *l'hypothèse d'Avogadro*.

(1) Dans ce cas particulier la molécule est identique à l'atome.

La loi de Gay Lussac exprime que *les volumes des gaz qui se combinent* (mesurés à la même température et à la même pression) *sont entre eux dans des rapports simples*. Pour prendre toujours le même exemple : 2 litres d'hydrogène se combinent à 1 litre d'oxygène et donnent 2 litres de vapeur d'eau. Cette loi, jointe à celles qui sont relatives aux changements de volume sous l'influence de la pression et de la température, a conduit Avogadro, dès l'année 1811, a formuler l'hypothèse suivante : *Tous les gaz, dans les mêmes conditions de température et de pression, contiennent, sous le même volume, le même nombre de molécules.*

Il serait trop long d'expliquer comment cette hypothèse a permis, connaissant les proportions en poids des éléments dans les divers composés, de déterminer, d'une part, les poids *relatifs* des atomes et, d'autre part, le nombre des atomes qui sont contenus dans une molécule.

Les poids relatifs des atomes, exprimés en prenant pour unité le poids du plus léger d'entre eux, l'atome d'hydrogène, s'appellent les *poids atomiques.*

Hydrogène H=1 ; Hélium He=4 ; oxygène O=16 ; azote Az=14, etc.

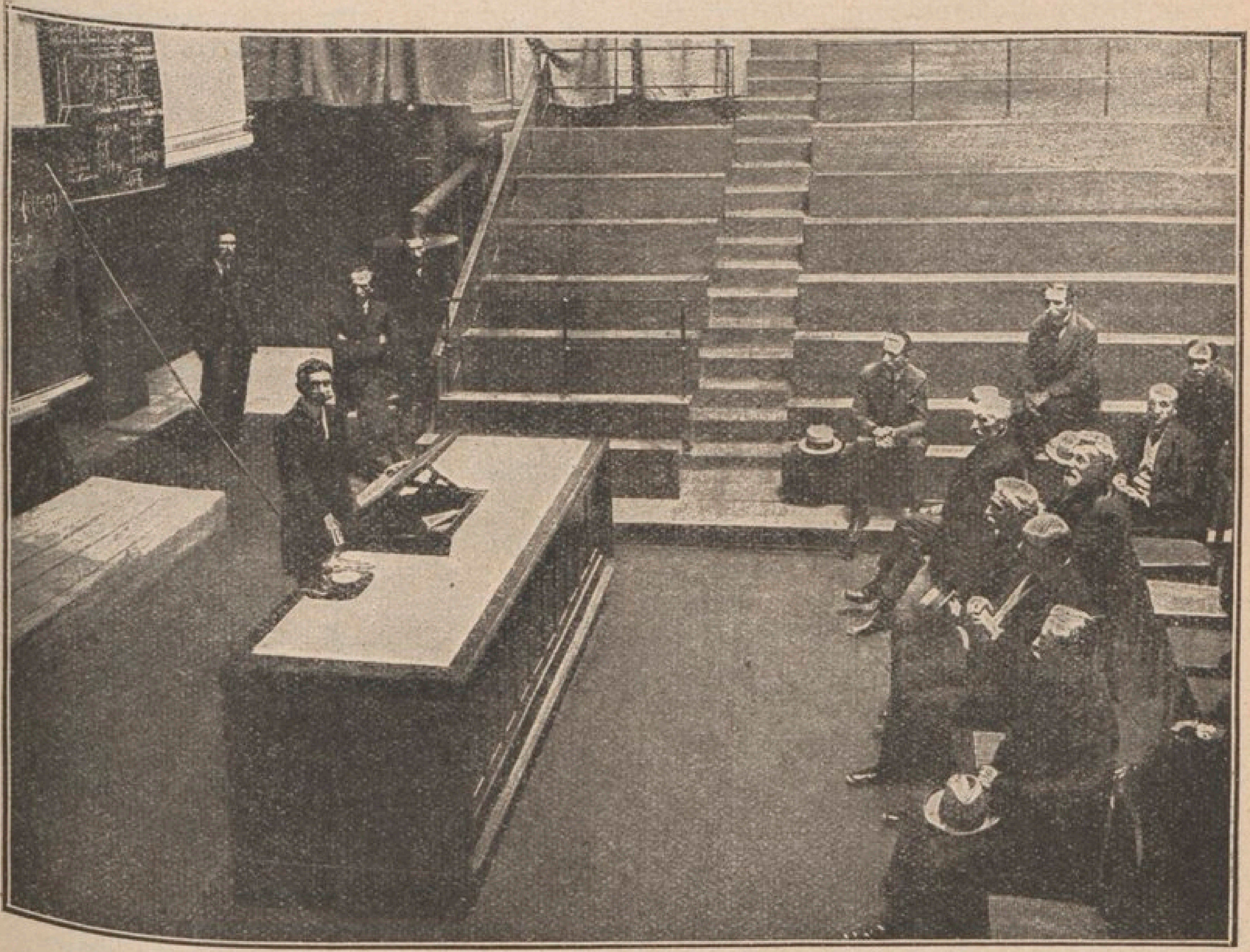
Le *poids moléculaire* d'un corps est évidemment égal à la somme des poids des atomes qui forment la molécule :

Hydrogène (diatomique) $H^2=2$; Hélium (monoatomique) He=4 ; oxygène (diatomique) $O^2=32$, eau 2H+O (ce qu'on écrit H^2 O)=2+16=18, etc...

D'après l'hypothèse d'Avogadro, 2 grammes d'hydrogène, 4 grammes d'hélium, 32 grammes d'oxygène, 18 grammes de vapeur d'eau, etc., occupent le même volume sous la même pression et à la même température *et contiennent le même nombre* N *de molécules.* Ce volume est, à la température de zéro degré centigrade et sous la pression atmosphérique normale, égal à 22 litres 400.

On appelle *molécule-gramme* d'un corps un nombre de grammes de ce corps égal au chiffre qui représente son poids moléculaire ; c'est le poids de 22 litres 400 du corps à l'état gazeux. La molécule-gramme contient N molécules, et N, *qui est le même pour tous les corps*, est désigné par le *nombre d'Avogadro.*

La connaissance du nombre d'Avogadro entraînerait la détermination des



LE PROFESSEUR JEAN BECQUEREL A SON COURS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE AU MUSÉUM

poids non plus relatifs, mais réels, des molécules et des atomes. Le poids réel de l'atome d'hydrogène est $\frac{1}{N}$, celui de l'atome d'oxygène $\frac{16}{N}$, celui de la molécule d'eau $\frac{18}{N}$, et ainsi de suite.

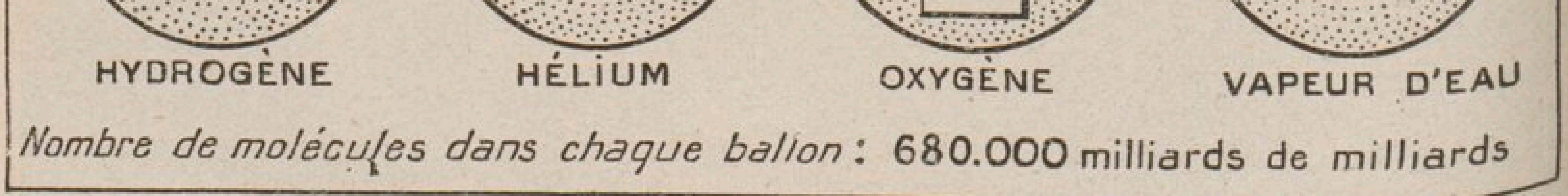
Nous allons voir comment on a réussi, de bien des manières, à déterminer le nombre d'Avogadro et à atteindre les valeurs réelles des grandeurs moléculaires.

Les phénomènes de diffusion prouvent que les molécules ne sont pas immobiles. Voici un exemple : deux récipients sont superposés ; le récipient inférieur contient de l'acide carbonique, l'autre contient de l'hydrogène. On établit la communication entre les deux récipients. Malgré la différence des densités et bien que l'hydrogène, beaucoup plus léger que l'acide carbonique, ait été mis dans le récipient supérieur, on constate au bout de quelque temps que les deux gaz sont intimement mélangés dans les deux récipients. C'est la célèbre expérience de Berthollet. Elle prouve d'une manière évidente que les molécules sont en mouvement.

Une théorie déjà ancienne, *la théorie cinétique des gaz*, a permis d'expliquer les propriétés de ces derniers ; elle a conduit à une première détermination du nombre d'Avogadro et des dimensions moléculaires. La théorie cinétique admet que les molécules d'un gaz se meuvent librement, en ligne droite, avec une vitesse qui dépend du poids de la molécule et de la température ; la direction du mouvement d'une molécule change chaque fois qu'elle frappe un obstacle ou qu'elle entre en collision avec une autre molécule. Il résulte de ces chocs, très fréquents, que *le mouvement est complètement désordonné*. Les molécules sont assimilées à de très petites sphères, parfaitement élastiques, ayant des dimensions petites par rapport à leurs distances moyennes (ce qui ne serait plus vrai dans le cas des gaz très comprimés). Cette conception de l'agitation moléculaire fait immédiatement comprendre pourquoi un gaz remplit uniformément tout le volume qui lui est offert et pourquoi il exerce une pression sur les parois du vase qui l'enferme : *la pression est due au bombardement moléculaire*.

La loi de Mariotte, qui exprime que, pour une même masse de gaz, la pression varie en raison inverse du volume (à une même température) est presque évidente : considérons un gaz occupant un certain volume sous une certaine pression ; rendons le volume n fois plus grand (en maintenant la température constante), le nombre des molécules dans chaque centimètre cube est devenu n fois plus petit ; par suite, le nombre de chocs par seconde sur chaque centimètre carré de surface des parois du vase est, lui aussi, devenu n fois plus petit ; comme ce sont ces chocs qui produisent la pression, celle-ci est devenue n fois plus faible ; donc le produit de la pression par le volume est resté rigoureusement constant.

En appliquant les lois du choc des corps parfaitement élastiques et en supposant le mouvement moléculaire complètement désordonné, on démontre que, pour une masse de gaz déterminée, le produit constant de la pression par le volume est égal au tiers du produit du-



DEUX GRAMMES D'HYDROGÈNE, QUATRE GRAMMES D'HÉLIUM, TRENTE-DEUX GRAMMES D'OXYGÈNE, DIX-HUIT GRAMMES DE VAPEUR D'EAU, ETC... OCCUPENT, D'APRÈS L'HYPOTHÈSE D'AVOGADRO, LE MÊME VOLUME, SI LA PRESSION ET LA TEMPÉRATURE SONT UNIFORMES.

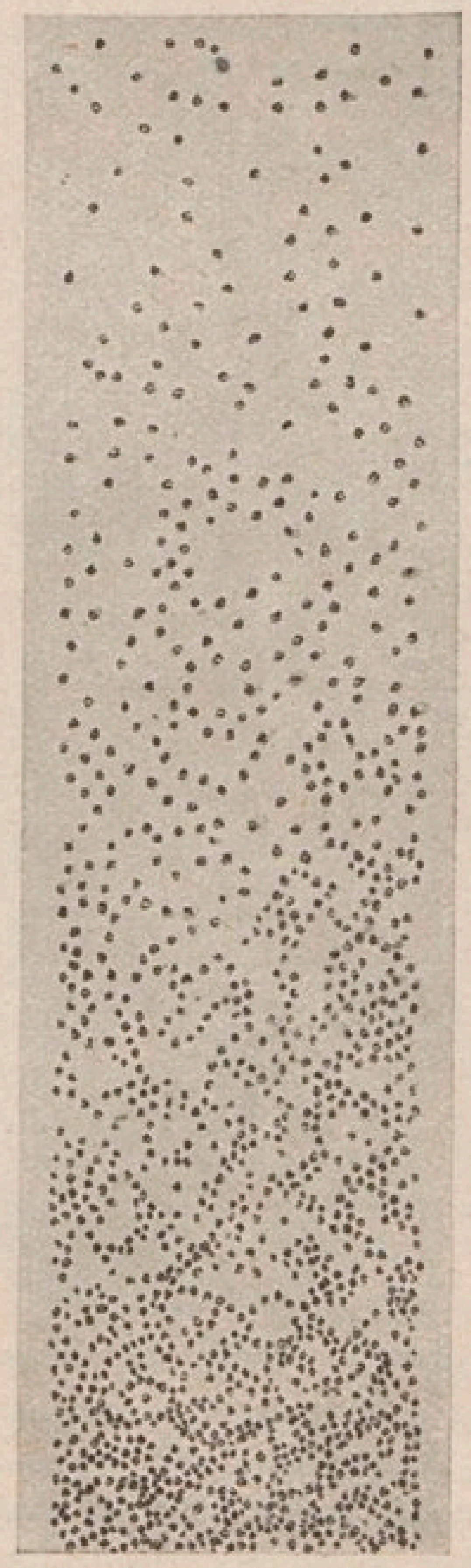
nombre total des molécules multiplié par la masse d'une molécule et aussi par le carré de la vitesse *moyenne* (1).

Cette relation permet déjà de calculer la vitesse moyenne des molécules. En effet, on connaît la masse de gaz employée ; on peut mesurer le produit de la pression par le volume et l'on connaît aussi le produit du nombre des molécules par la masse d'une molécule, car ce produit n'est autre que la masse du gaz. Nous indiquerons plus loin les résultats.

Les vitesses individuelles des molécules peuvent, évidemment, s'écarter beaucoup de la vitesse moyenne, car elles sont modifiées à chaque collision. Cependant, la vitesse moyenne demeure constante.

Pour comparer les différents gaz, *prenons une molécule-gramme de chacun d'eux.* D'après ce qui a été dit précédemment, toutes ces molécules-grammes occupent le même volume sous la même pression et à la même température, et contiennent le nombre N de molécules (nombre d'Avogadro). Faisons maintenant varier la température : les lois des gaz ont prouvé que le produit de la pression par le volume est pour tous les gaz égal à une constante bien connue (appelée la constante des gaz) multipliée par ce qu'on nomme la *température absolue.* La température absolue est la température comptée à partir d'une origine située 273° plus bas que le 0° C. des thermomètres (la température absolue de la glace fondante est 273°, celle de l'eau bouillante, 373°).

En comparant ce résultat à celui qui résulte de la théorie cinétique, les personnes habituées au calcul verront aisément que *la force vive moyenne d'une molécule* (le demi-produit de la masse par le carré de la vitesse moyenne) *est la même pour tous les gaz à la même température et varie proportionnellement à la température absolue,* ce qui s'exprime encore en disant que la vitesse moyenne est proportionnelle à la température absolue et inversement proportionnelle à la masse de la molécule (et, par suite, à la densité du gaz).



RÉPARTITION NATURELLE DES GRAINS D'UNE ÉMULSION, EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE LA COLONNE LIQUIDE

Le produit de la température absolue par une constante universelle représente donc la force vive moyenne d'une molécule quelconque. Le zéro absolu est la plus basse température qu'on puisse concevoir ; c'est une limite qu'on ne saurait atteindre, puisqu'elle correspondrait au repos absolu. Il ne peut pas exister de températures inférieures à - 273° centigrades.

Nous connaissons donc la vitesse moyenne des molécules d'un gaz. Il s'agit maintenant de déterminer le *libre parcours moyen* entre deux collisions. Le calcul de ce libre parcours résulte de la connaissance de la *viscosité* des gaz. Imaginons deux couches d'un gaz se mouvant parallèlement avec des vitesses différentes ; le bombardement incessant des molécules a tendance à égaliser les vitesses ; il en résulte un frottement des deux couches l'une sur l'autre. Ce frottement a pu être mesuré ; on a démontré qu'il est proportionnel à la densité, à la vitesse moyenne et au libre parcours. On en déduit la valeur du libre parcours moyen. Connaissant le libre parcours, on calcule aisément le *nombre moyen de collisions* d'une molécule par seconde ; c'est le quotient de la vitesse moyenne de cette molécule par son libre parcours moyen.

Enfin, on peut calculer la dimension d'une molécule en supposant qu'elle a une forme sphérique. Clausius et Maxwell ont établi théoriquement une première relation entre le nombre des molécules, le diamètre de chacune d'elles et le libre parcours ; ceci se comprend, car le libre parcours est d'autant plus petit que les molécules sont plus grosses et plus nombreuses. Une deuxième relation entre le

(1) Il s'agit ici de la vitesse quadratique moyenne, c'est-à-dire de la racine carrée de la moyenne des carrés des vitesses

La masse est le poids divisé par l'accélération de la pesanteur. C'est ce que mesure la balance qui compare les masses et ne mesure pas les poids, mais les masses et les poids étant proportionnels *en un même lieu*, on a pris communément l'habitude de parler de poids au lieu de masses.

nombre des molécules et le diamètre est donnée par les mesures relatives à la compressibilité des gaz. De ces deux relations, on déduit le diamètre d'une molécule et le nombre d'Avogadro.

On est par conséquent en possession de toutes les grandeurs moléculaires.

Voici les résultats qu'elles expriment :

Vitesse moyenne à la température ordinaire : quelques centaines de mètres par seconde (oxygène à 0° C. 425^{m}, hydrogène, 1.698^{m}).

Libre parcours moyen : ordre de grandeur du dix millième de millimètre (oxygène 0^{mm}, 000106).

Nombre moyen de collisions d'une molécule : plusieurs milliards par seconde (oxygène : 4.065 millions).

Diamètre des molécules : quelques dix millionièmes de millimètre :

$$\left(\text{Argon} \frac{2,85}{10.000.000} \text{mm.}\right) (1).$$

Nombre d'Avogadro : 63×10^{22} par la théorie cinétique, mais nous adopterons 68×10^{22} résultant des expériences de M. Jean Perrin, dont nous parlerons plus loin.

Distance moyenne des molécules : quelques millionièmes de millimètre seulement.

Masse d'un atome d'hydrogène :

$$1,5\ 10^{-24} \text{ gr. } \frac{1,47 \text{ grammes}}{1.000.000.000.000.000.000.000.000}$$

On se fait une idée du chaos indescriptible qu'est un gaz dans les conditions normales : *trente milliards de milliards de molécules dans un centimètre cube ;* mouvements absolument désordonnés ; vitesses variables dans de larges limites, mais pour la grande majorité de plusieurs centaines de mètres à la seconde ; parcours moyens d'une molécule entre deux chocs d'environ un dix-millième de millimètre ; plusieurs milliards de chocs par seconde pour chaque molécule.

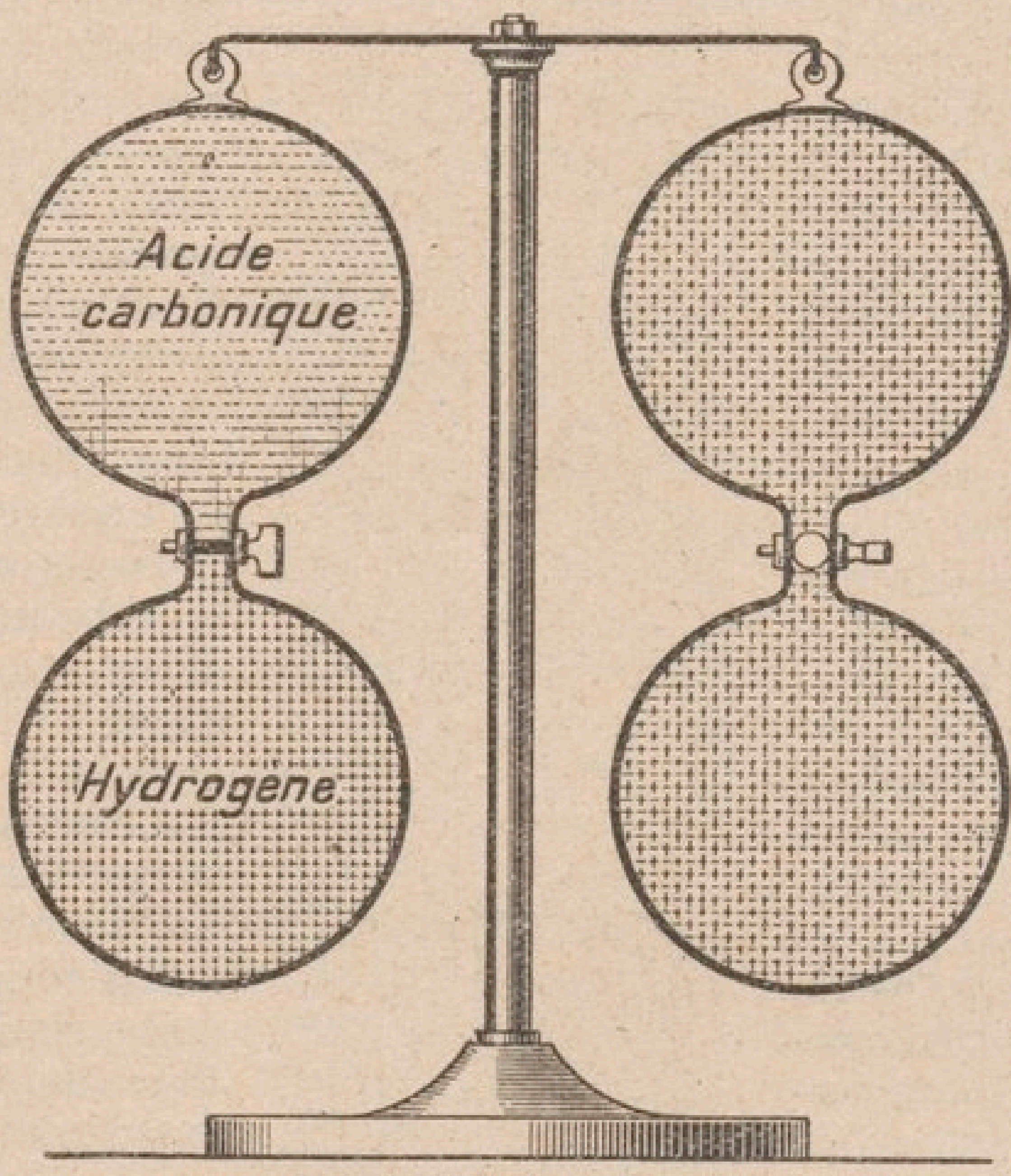
Les chiffres auxquels on est conduit stupéfient soit par leur énormité, soit par leur petitesse. Voici encore deux résultats aussi curieux qu'insoupçonnés :

La surface *totale* des molécules contenues dans un centimètre cube se chiffre par plusieurs mètres carrés.

Si l'on disposait bout à bout, en une seule ligne, les molécules d'argon contenues dans un centimètre cube, on obtiendrait une longueur égale à deux cents fois le tour de la terre.

Ces deux résultats sont une conséquence de l'immensité du nombre des molécules.

La connaissance du nombre d'Avogadro entraîne, comme nous l'avons déjà dit, celle de toutes les masses moléculaires, qu'on obtient en divisant ce nombre par le poids moléculaire.



LES PHÉNOMÈNES DE DIFFUSION PROUVENT QUE LES MOLÉCULES NE SONT PAS IMMOBILES

Si l'on établit la communication entre les deux récipients, on constate au bout de quelque temps que les deux gaz sont intimement mélangés (ballons de droite) bien que l'acide carbonique, beaucoup plus léger que l'hydrogène, ait été mis dans le récipient supérieur.

* * *

Le succès de la théorie cinétique ne peut suffire à entraîner notre conviction complète, en raison des nombreuses hypothèses sur lesquelles elle repose. La conviction ne sera acquise que si des phénomènes plus tangibles permettent de vérifier l'hypothèse du mouvement moléculaire et si, d'autre part, des phénomènes complètement différents par leur nature conduisent à la même valeur du nombre d'Avogadro.

Parmi ces phénomènes, il faut placer en première ligne le mouvement brownien, si curieux et si intéressant.

En 1827, le naturaliste Brown a signalé que de petites particules en suspension dans un fluide sont animées de mouvements désordonnés. Une étude de ces mouvements a été faite en 1888, par

(1) Calcul fait pour un gaz monoatomique, car on ne peut supposer les molécules sphériques que dans le cas des corps monoatomiques.

M. Gouy, à qui je me permets d'emprunter la description suivante du phénomène : « Si les particules sont nombreuses, on voit que tout est en mouvement dans le champ du microscope : c'est une sorte de fourmillement ou de trépidation générale qui forme un spectacle des plus frappants. Chaque particule éprouvé une suite de déplacements assez difficiles à décrire parce qu'ils sont essentiellement irréguliers... On constate aussi qu'elle tourne sur elle-même irrégulièrement... Tout se passe, en un mot, comme si chaque particule était soumise à une suite d'impulsions absolument fortuites, orientées dans tous les sens indifféremment. »

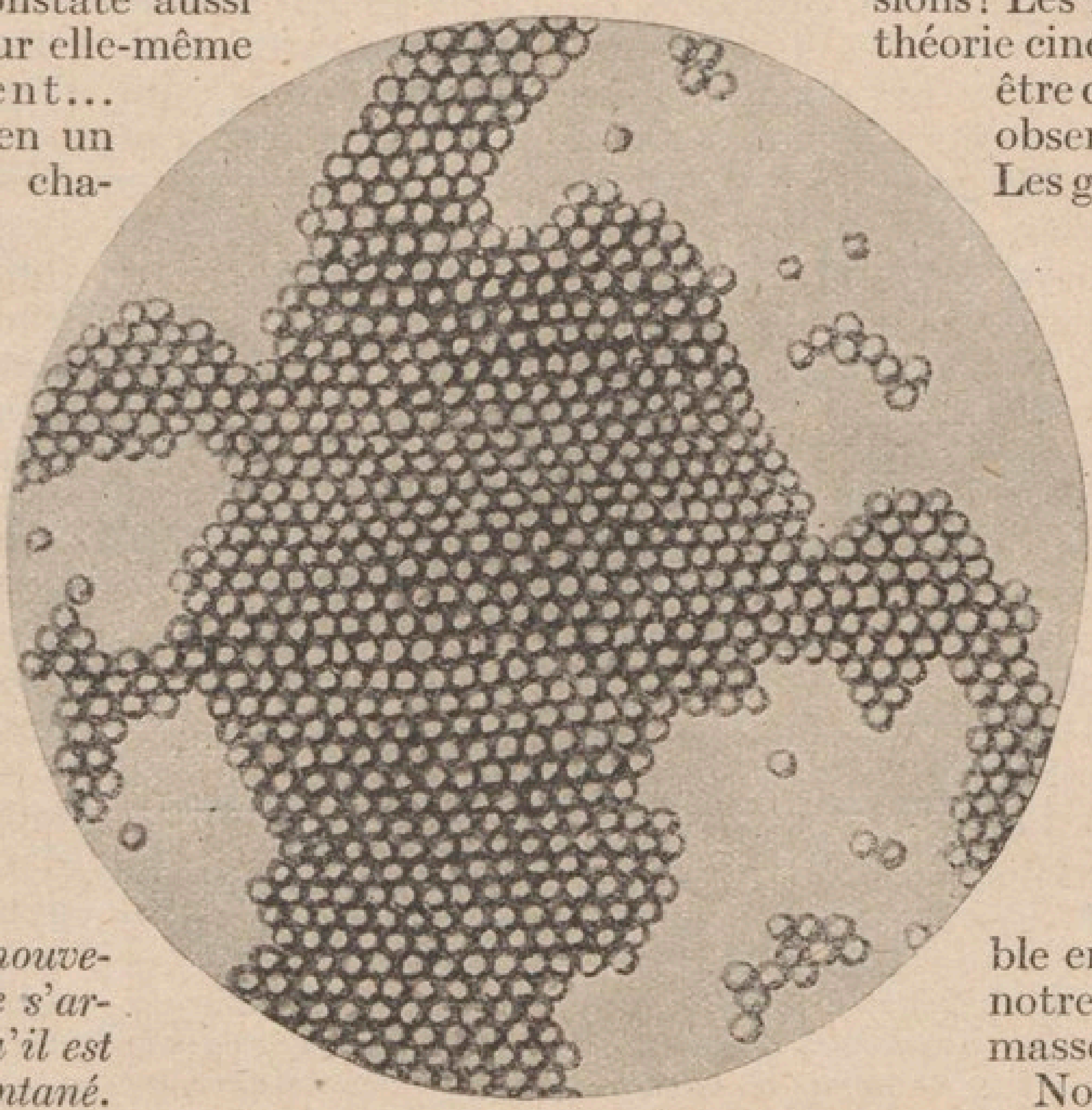
Les mouvements sont d'autant plus vifs que les particules sont plus petites. *Le caractère le plus étrange de ce mouvement est qu'il ne s'arrête jamais et qu'il est entièrement spontané.*

De nombreux physiciens ont pensé que le mouvement brownien révèle l'agitation des molécules du fluide dans lequel les granules sont en suspension. Les molécules du fluide heurtent sans cesse les granules et les chocs ont d'autant moins de chances de s'équilibrer que les particules sont plus petites, plus ténues.

En un mot, *les particules en suspension participent à l'agitation générale et incessante des molécules du fluide.*

C'est cette hypothèse que M. Jean Perrin (1908) a réussi à vérifier par de remarquables expériences qui ont conduit à la meilleure détermination du nombre d'Avogadro, c'est-à-dire, répétons-le, du nombre des molécules qui sont contenues dans la molécule-gramme.

Les lois des gaz sont applicables à toutes les molécules, quelles que soient leurs dimensions. Van t'Hoff a, en effet, étendu ces lois aux solutions : du sucre dissous dans l'eau, par exemple, se comporte exactement comme le feraient le même nombre de molécules si elles occupaient à l'état gazeux le volume de la solution. La lourde molécule de sulfate de quinine, contenant plus de 100 atomes, se comporte comme la légère molécule d'hydrogène. Alors, pourquoi ne pas étendre aussi les lois des gaz aux émulsions? Les hypothèses de la théorie cinétique pourraient être contrôlées par des observations directes. Les grains microscopiques, assez petits pour participer d'une façon notable au mouvement d'agitation, et assez gros pour être mesurables, formeraient, selon la juste expression de M. Jean Perrin, « l'intermédiaire, le relais indispensable entre les masses à notre échelle et les masses moléculaires ».



SPHÉRULES D'UNE ÉMULSION, TRIÉES PAR CENTRIFUGATION POUR LE CALCUL DU NOMBRE ET DE LA MASSE DES MOLÉCULES CONTENUES DANS LA MOLÉCULE-GRAMME DU CORPS ÉTUDIÉ

Nous avons dit que la force vive moyenne d'une molécule quelconque est égale au produit de la température absolue par une constante universelle. Cette constante est égale à une fois et demie le quotient de la constante des gaz (voir plus haut) par le nombre d'Avogadro. Dès lors, si les granules d'une émulsion participent à l'agitation moléculaire, ils possèdent la même force vive moyenne que les molécules, et l'on peut mesurer cette force vive puisque les particules sont visibles au microscope; on obtient par conséquent le nombre d'Avogadro. *Si l'on trouve toujours le même nombre, pour toutes les tailles et tous les genres de particules, quelle que soit la température, et si, de plus, ce nombre est voisin de celui qui résulte de la théorie cinétique,* on peut dire qu'on a à la fois :

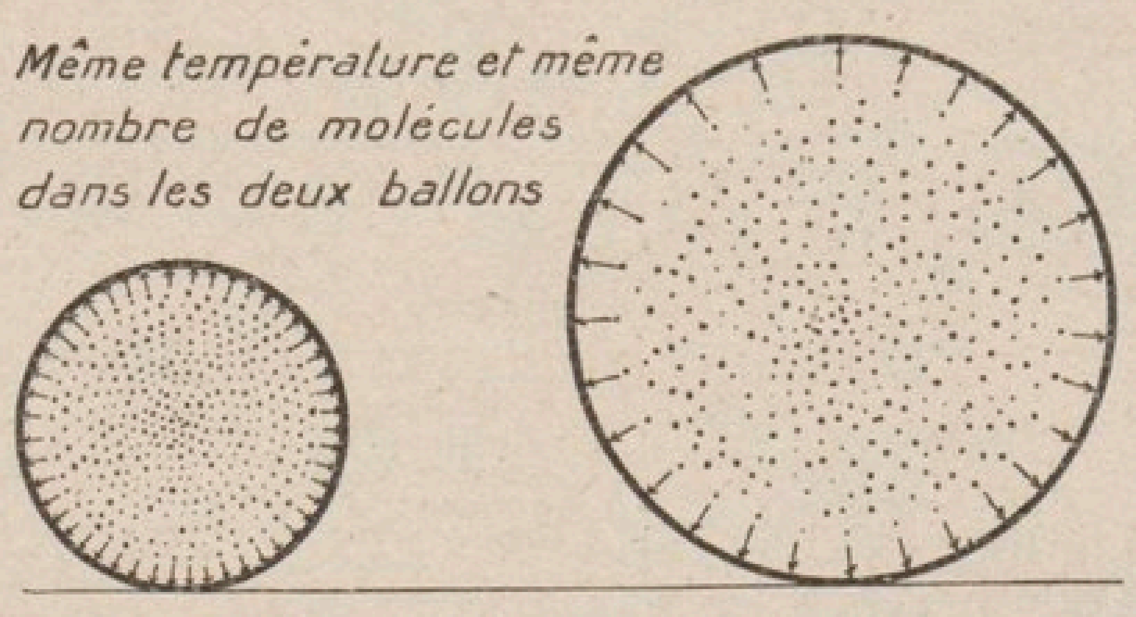
1° donné un crédit considérable, illimité même, à la théorie moléculaire;

2° reconnu l'exactitude de l'explication du mouvement brownien ;

3° obtenu une détermination expérimentale du nombre d'Avogadro, et, par suite, des grandeurs moléculaires.

M. Jean Perrin a réussi, de bien des manières, à obtenir ce résultat.

Il fallait d'abord avoir, dans une même émulsion, des granules tous identiques. M. Jean Perrin y est parvenu par une centrifugation fractionnée des émulsions de gomme-gutte ou de mastic. L'opération exige de la patience : par exemple dans un des fractionnements les plus soignés, il a fallu traiter 1.200 grammes de gomme-gutte pour avoir, après plusieurs mois, quelques grammes d'une émulsion où tous les grains avaient la même grosseur. Les granules étaient sphériques ; il fallait connaître leur diamètre et leur densité. Des mesures précises ont été faites par plusieurs procédés. Le diamètre des granules était, dans la plupart des expériences, de quelque dix millièmes de millimètre seulement.



EXPLICATION DE LA PRESSION DES GAZ

Un gaz remplit uniformément tout l'espace qui lui est offert puisque ses molécules sont en perpétuelle agitation ; sa pression est due au bombardement des molécules sur les parois du récipient qui le renferme ; si l'on augmente le volume du récipient sans changer la quantité de gaz, le nombre des molécules restant le même, il y a moins de chocs sur les parois et, par conséquent, la pression diminue.

La détermination du nombre d'Avogadro a été faite par quatre méthodes différentes, savoir :

Première méthode : *Etude du déplacement de translation.* — On suit un grain dans le champ du microscope, et l'on note ses positions à des intervalles de temps égaux. Des formules dues à M. Einstein permettent, connaissant la dimension d'un grain, la viscosité du liquide dans lequel il est en suspension, et la moyenne des carrés des trajets parcourus dans des intervalles de temps égaux, de calculer la force vive moyenne, et, par suite, le nombre d'Avogadro.

Deuxième méthode : *Etude des rotations.* — Les grains tournoient sur eux-mêmes ; s'ils sont relativement gros (un vingtième de millimètre, par exemple), on peut, grâce aux inclusions intérieures visibles qui donnent des points de repère, mesurer à des intervalles de temps égaux les angles dont ils ont tourné. Les mêmes formules d'Einstein permettent également de déduire de ces mesures l'énergie moyenne de rotation (qui est égale à la force vive moyenne de translation).

Troisième méthode : *Mesure de la vitesse de diffusion*, c'est-à-dire de la vitesse avec laquelle les grains en suspension se répandent dans une partie du liquide qui, primitivement, n'en contenait pas.

Quatrième méthode : *Etude de la répartition en hauteur des grains.* — On sait que les gaz formant l'atmosphère de la terre se raréfient à mesure qu'on s'élève. La pesanteur, qui attire les molécules vers le sol, est contrebalancée par la tendance qu'ont les gaz à se répandre dans l'espace ; c'est cette diffusion des gaz qui les empêche de s'accumuler totalement à la surface de la terre. La loi de répartition des molécules gazeuses est très simple : *à des élévations égales correspondent des raréfactions égales.*

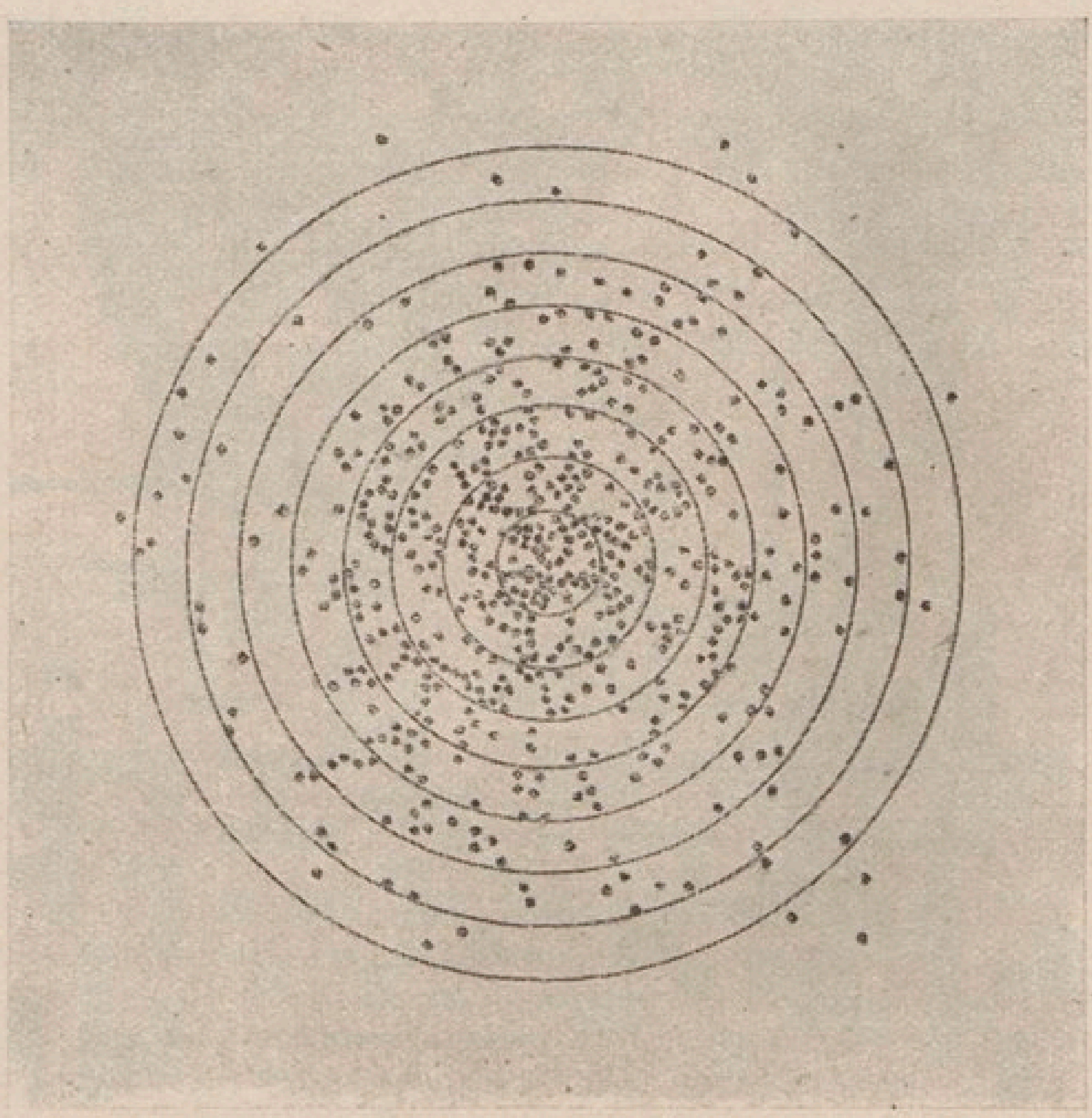
Supposons une atmosphère formée d'un gaz pur, d'oxygène par exemple à la température ordinaire. Chaque fois qu'on s'élèvera de cinq kilomètres, à partir de n'importe quelle hauteur, on trouvera une pression deux fois plus faible. Mais, dans l'hydrogène, qui est seize fois plus léger que l'oxygène, il faudrait une élévation de $16 \times 5 = 80$ kilomètres pour trouver une pression deux fois plus petite. La raréfaction est d'autant plus rapide que le gaz est plus lourd et le rapport des hauteurs dont il faut s'élever dans deux gaz pour obtenir la même raréfaction est l'inverse du rapport des poids des molécules de ces gaz, ce qui est logique.

L'atmosphère terrestre est formée d'un grand nombre de gaz ; chacun de ces gaz possède une atmosphère qui lui est propre, indépendamment des autres, si bien que la composition de l'atmosphère varie avec l'altitude. A la surface du globe, il n'y a guère d'hydrogène dans l'air ; à 100 kilomètres de hauteur, il y en a encore moins (un peu moins de la moitié) mais, cependant, ce peu d'hydrogène forme, à l'altitude de 100 kilomètres,

les quatre-vingt-dix-neuf centièmes des gaz qu'on trouverait si l'on pouvait s'élever à cette hauteur, les autres s'étant raréfiés beaucoup plus rapidement.

Si les granules d'une émulsion suivent les lois des gaz, ils doivent se répartir en fonction de la hauteur, suivant la même loi, mais la raréfaction doit être colossalement rapide. En appliquant la loi qui vient d'être indiquée, le rapport des hauteurs dont il faut s'élever dans un gaz et dans une émulsion pour obtenir la même raréfaction, est l'inverse du rapport entre le poids de la molécule du gaz et le poids apparent d'un granule (il s'agit du poids apparent, différence entre le poids du granule et le poids d'un égal volume du liquide dans lequel il est en suspension, parce que le granule subit la poussée du liquide). On a donc, par la mesure de la raréfaction correspondant à une différence de niveau connue dans l'émulsion, le moyen de comparer directement le poids d'une molécule gazeuse immatérielle au poids connu d'un granule matériel.

Pour mesurer la raréfaction, on procède de la façon suivante : le microscope étant au point pour une tranche horizontale de l'émulsion, on limite le champ visuel de l'appareil de manière qu'il n'apparaisse à la fois qu'un très petit nombre de granules, nombre qu'on peut évaluer d'un seul coup d'œil sans erreur. On note le nombre des granules aperçus simultanément à des intervalles de temps égaux ; on fait ainsi un très grand nombre d'observations, deux cents, par exemple, et l'on ajoute tous les chiffres. On obtient un premier total. Puis on observe une autre tranche à un autre niveau — la différence de hauteur avec la tranche précédemment observée étant mesurée d'après le déplacement vertical donné au microscope — et l'on recommence exactement les mêmes opérations, avec le même nombre d'observations, aux mêmes intervalles de temps. On obtient un nouveau total en ajoutant tous les chiffres. Le rapport entre les deux totaux donne le rapport des concentrations aux deux niveaux. Connaissant le volume d'un granule, sa densité et la densité du liquide, on a alors toutes les données nécessaires pour la comparaison avec un gaz et la détermination du nombre d'Avogadro.



UNE IMAGE EN PLAN DU MOUVEMENT BROWNIEN

En transportant sur le papier, parallèlement à eux-mêmes, les déplacements horizontaux des grains en agitation, de façon à leur donner une origine commune, les extrémités des vecteurs ainsi obtenus se répartissent autour de cette origine comme les balles tirées sur une cible se répartissent autour de la mouche.

M. Jean Perrin a obtenu les valeurs suivantes du nombre d'Avogadro :

68,8 10^{22}, soit six cent quatre-vingt-huit mille milliards de milliards, d'après la méthode scientifique des déplacements de translation ;

65 10^{22}, d'après celle des rotations ;

69 10^{22}, d'après celle des diffusions ;

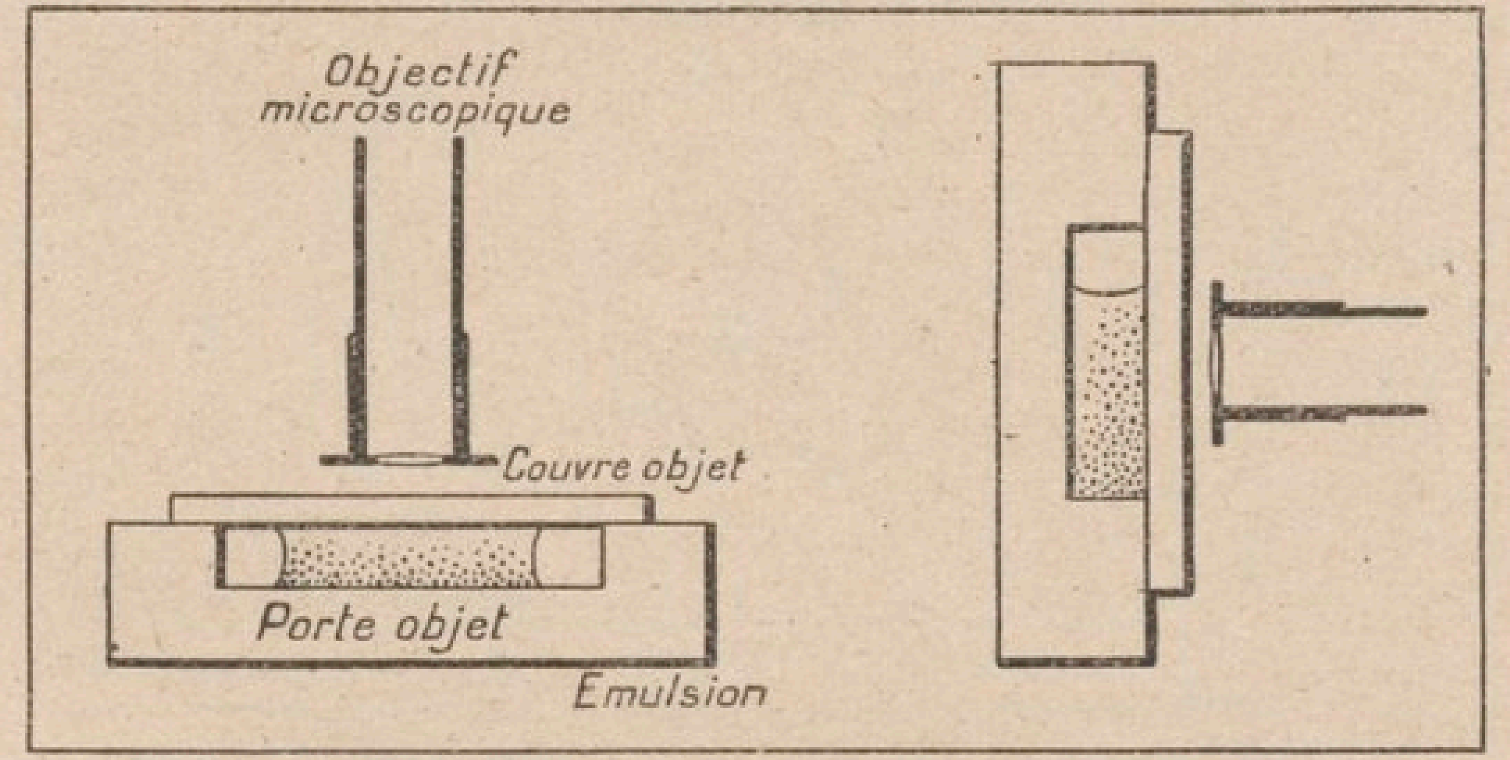
Enfin, 68,2 10^{22}, d'après la méthode de répartition en hauteur.

Comme le fait observer M. Perrin, le domaine de vérification des lois des gaz est considérable si l'on songe que la nature des grains a varié, que la nature du liquide a varié, que la température a varié (de —9° à +58°), que la densité apparente des grains a varié dans de larges limites, que la masse de grains a varié dans le rapport de 1 à 70.000 ainsi que leur

volume, dans le rapport de 1 à 90.000.

Ce n'est évidemment pas par hasard qu'on a obtenu pour le nombre d'Avogadro des chiffres si voisins du chiffre prévu par la théorie des gaz (nous avons indiqué 63 10^{22}) dans les conditions d'expériences les plus variées. Les belles expériences de M. Jean Perrin apportent une des meilleures preuves de la réalité objective des molécules ; par ces expériences, le mouvement moléculaire est presque rendu visible, puisque le mouvement brownien en est l'image fidèle à grande échelle.

Il y a encore d'autres phénomènes qui ont conduit à la détermination des grandeurs moléculaires.



MESURES DE LA RARÉFACTION DES GRAINS

Une gouttelette d'émulsion est déposée dans une cuve d'environ un dixième de millimètre de profondeur et aplatie par un contre-objet. On peut observer la goutte verticalement pour avoir une vue d'ensemble et horizontalement pour examiner en détail le mouvement des grains d'une tranche déterminée.

Je dirai aussi quelques mots de la répartition irrégulière des molécules, ou *fluctuations.*

Considérons un très petit volume de gaz : en raison de l'agitation perpétuelle des molécules, le nombre de celles qui sont contenues dans ce petit volume est constamment variable ; il subit des fluctuations (1). La valeur moyenne de la fluctuation dépend du volume envisagé et du nombre de molécules qui y sont contenues en moyenne ; cette valeur est donc en relation avec le nombre d'Avogadro. Il résulte de ces fluctuations qu'un faisceau lumineux traversant le gaz est diffusé. Chacun a vu un rayon de soleil rendu apparent par les poussières en suspension dans l'air ; ces poussières diffusent la lumière. De même, tout défaut d'homogénéité dans un milieu rend ce milieu trouble et produit latéralement une diffusion de la lumière.

(1) La définition exacte de la fluctuation est $\frac{n-n_0}{n_0}$, n_0 étant le nombre de molécules que contiendrait le volume si la concentration était rigoureusement uniforme et n le nombre contenu par hasard à un instant quelconque. La valeur moyenne est $\sqrt{\frac{2}{\pi}\frac{1}{n_0}}$, d'autant plus grande que le volume est plus petit.

Comme les fluctuations dans les gaz entraînent un défaut d'homogénéité, elles ont donc, nécessairement, pour conséquence une diffusion d'un rayon de lumière.

La proportion de lumière diffusée dépend de la couleur du faisceau émanant de la source lumineuse. Pour un faisceau de lumière blanche venant du soleil, la lumière formée, comme on le sait, de la superposition de toutes les couleurs qu'on voit séparées dans l'arc-en-ciel, il y a une inégale diffusion des diverses couleurs et l'on a pu démontrer que le résultat est une forte prédominance du bleu. C'est l'explication de la couleur bleue du ciel, qui résulte de l'hétérogénéité que les fluctuations dans la répartition des molécules impriment à l'atmosphère.

Si cette hypothèse est exacte, la mesure du rapport entre l'intensité de la lumière reçue directement du soleil et l'intensité de la lumière venant d'un point du ciel à angle droit du soleil, permet de calculer le nombre d'Avogadro. MM. Bauer et Moulin ont réalisé l'expérience et ont obtenu 60 10^{22}. Il serait superflu d'insister sur la beauté de ce résultat, qui apporte une preuve de plus à la réalité moléculaire et montre en même temps quelle est l'origine de la couleur bleue du ciel.

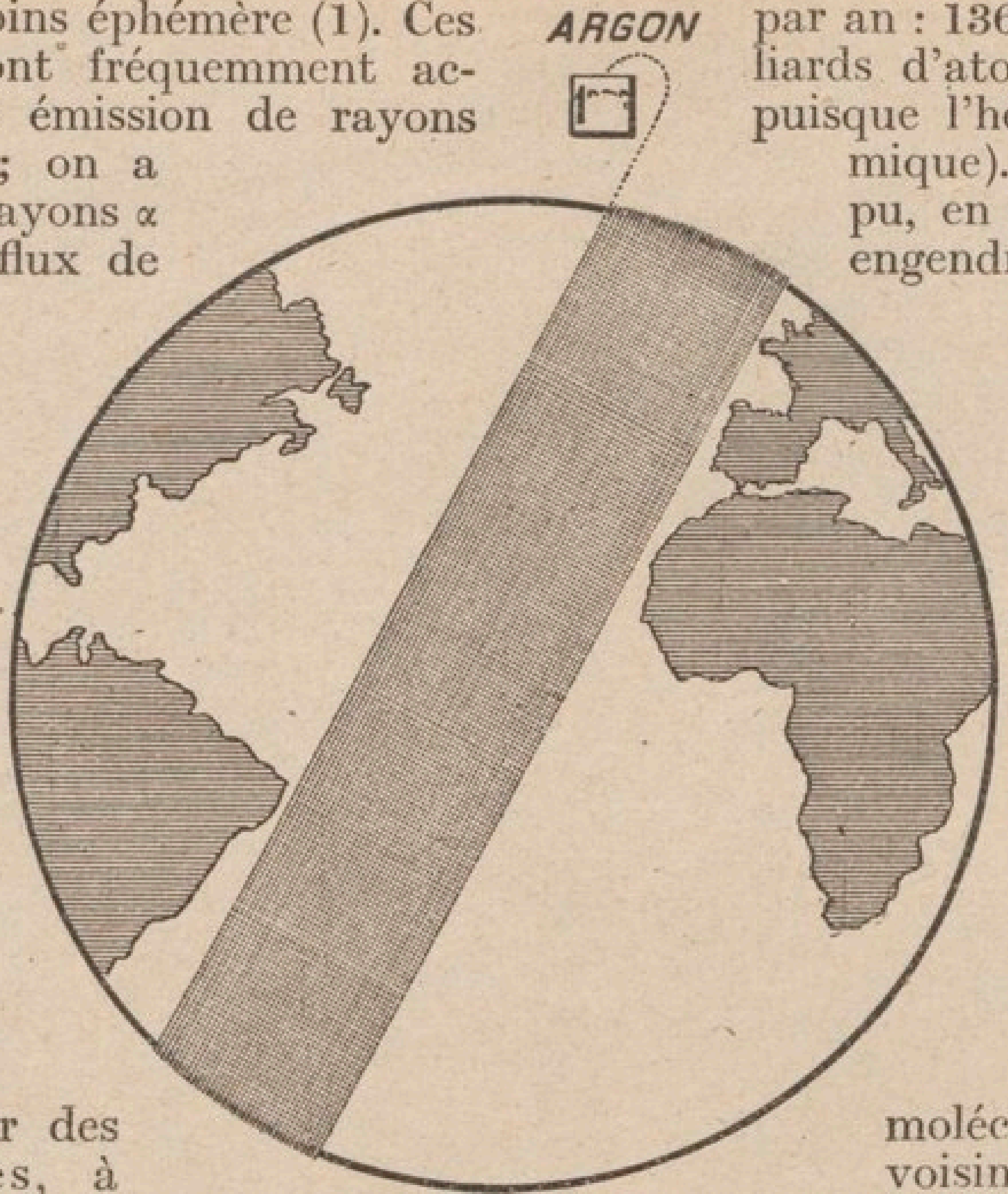
Dans le même ordre d'idées, l'étude de l'opalescence des vapeurs au voisinage de la température qu'on nomme la température critique, a permis à MM. Kamerlingh Onnes et Keesom de déterminer encore d'une autre façon le nombre d'Avogadro. Le résultat a été 75 10^{22}.

Les *phénomènes de radioactivité* ont conduit, de plusieurs manières, à la détermination du nombre d'Avogadro. J'indiquerai l'un des procédés. On sait que les corps radioactifs se transforment spontanément en donnant naissance à une série d'éléments successifs dont les atomes ont

une vie plus ou moins éphémère (1). Ces transformations sont fréquemment accompagnées d'une émission de rayons appelés rayons α ; on a démontré que les rayons α sont formés d'un flux de particules électrisées, animées d'une très grande vitesse (atteignant 20.000 kilomètres par seconde). Des expériences que je ne puis exposer ici, ont conduit à penser que la particule α est un atome d'hélium ; d'ailleurs, on constate que la production d'hélium accompagne toujours l'émission de rayons α.

On a réussi, par des mesures directes, à compter les particules α émises dans un temps déterminé par une quantité connue d'un corps radioactif, de radium, par exemple (Rutherford et Royds, Regener) ; parmi les méthodes employées, je citerai l'observation de la scintillation d'un écran phosphorescent, chaque scintillation marquant l'arrêt d'un projectile α : dans cette expérience, les atomes ont été rendus perceptibles individuellement par l'effet du bombardement, chacun d'eux produisant un petit éclair lumineux sur l'écran.

On connaît donc le nombre total de particules α émises en une seconde par un gramme de radium ; ce nombre est énorme : cent trente-six milliards par seconde, ce qui fait, par an : 136×86.400×365 milliards d'atomes (ou molécules, puisque l'hélium est monoatomique). D'autre part, on a pu, en recueillant l'hélium engendré par une quantité connue de radium, mesurer directement la quantité d'hélium produite en un an ; on a trouvé 156 millimètres cubes.



CE QUE CONTIENT 1 CMC DE GAZ

Les molécules, inconcevablement petites, sont, par contre, en tel nombre que, si l'on pouvait disposer bout à bout celles qui sont contenues, par exemple, dans un centimètre cube d'argon, on obtiendrait une ligne capable de faire deux cents fois le tour de la terre.

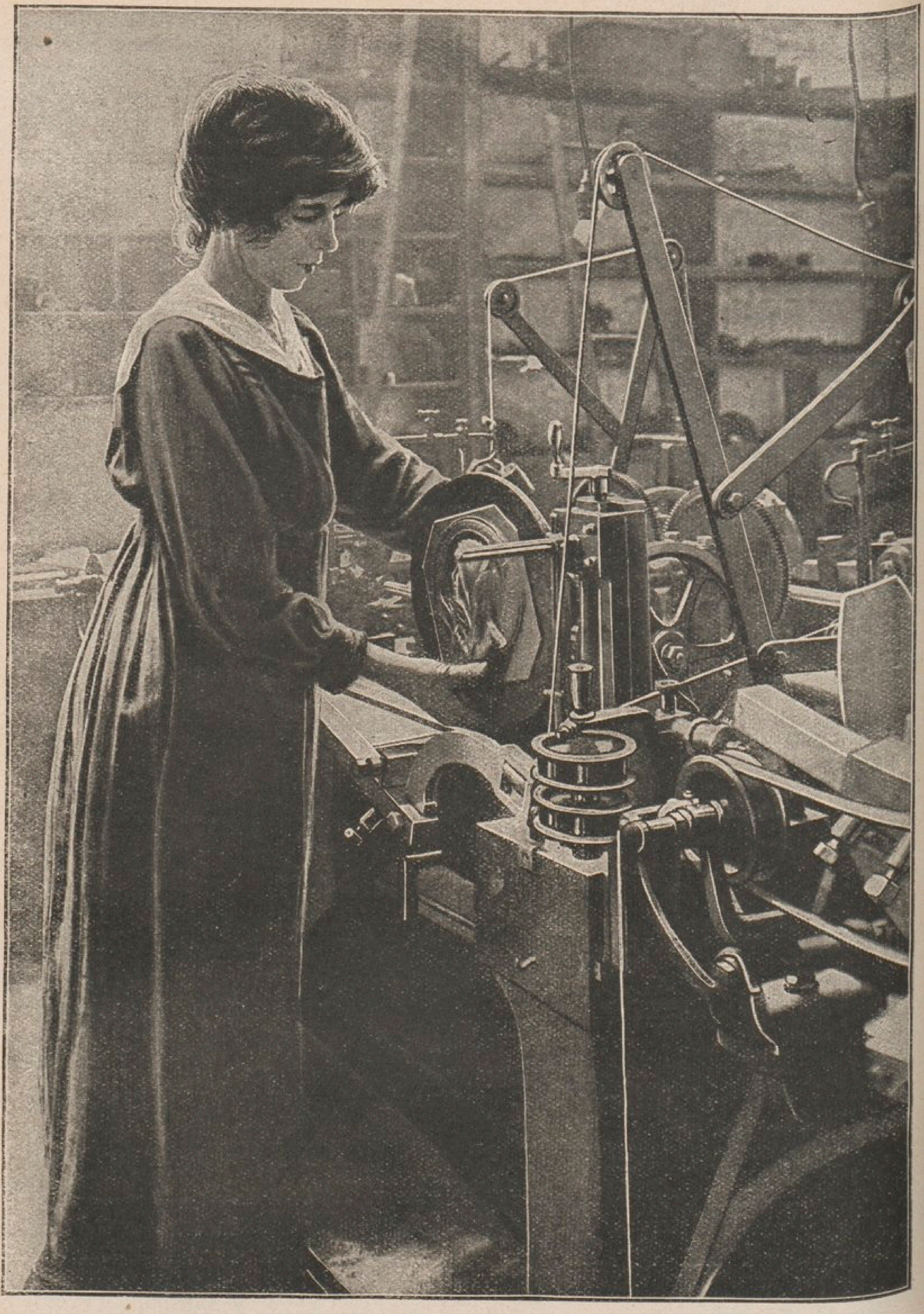
156 millimètres cubes doivent donc renfermer 136×86.400×365 milliards de molécules, ce qui fait dans le volume de la molécule-gramme (22.400 centimètres cubes) 62 10^{22} molécules, nombre bien voisin de celui obtenu par l'étude du mouvement brownien. Une détermination semblable, faite sur l'hélium dégagé par le polonium, a donné 65 10^{22} (M^me^ Curie et M. Debierne).

Je ne saurais mieux faire, en terminant, que de reproduire un tableau de M. Jean Perrin, montrant la convergence des déterminations du nombre d'Avogadro. Non seulement par chaque méthode on trouve toujours la même valeur en variant les conditions des expériences dans les plus larges limites, mais des phénomènes qui, *a priori*, paraissent n'avoir aucun rapport entre eux, donnent presque exactement le même chiffre. C'est, évidemment, qu'il y a un lien entre ces phénomènes ; ce lien ne peut être que l'existence bien réelle des molécules,

JEAN BECQUEREL.

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS		$\frac{N}{10^{22}}$
Théorie cinétique, viscosité des gaz		62
Mouvement brownien	répartition de grains	68,3
	déplacements	68,8
	rotations	65
	diffusion	69
Fluctuations	bleu du ciel	envir. 60
	opalescence critique	75
Spectre du corps noir		64
Charges de sphérules (dans un gaz)		68
Radioactivité	charges projetées	62,5
	hélium engendré	62 à 65
	radium disparu	71
	énergie rayonnée	60

(1) Voir l'article de M. Jean Becquerel, intitulé : *La radioactivité de la Matière*, dans *La Science et la Vie*, février 1914.



TYPE DE MACHINE A RÉDUIRE DES ATELIERS LUCIEN JANVIER ET Cie

Le modèle, en fonte dure ou un galvano nickelé, provenant d'un moulage ou d'une empreinte du sujet en cire ou en terre glaise fait par l'artiste en médailles, est collé par l'ouvrière, au moyen d'un mastic spécial, sur le plateau porte-modèle que l'on voit au centre de la photographie.

LES MACHINES A RÉDUIRE POUR LA GRAVURE EN MÉDAILLES PAR LES PROCÉDÉS MODERNES

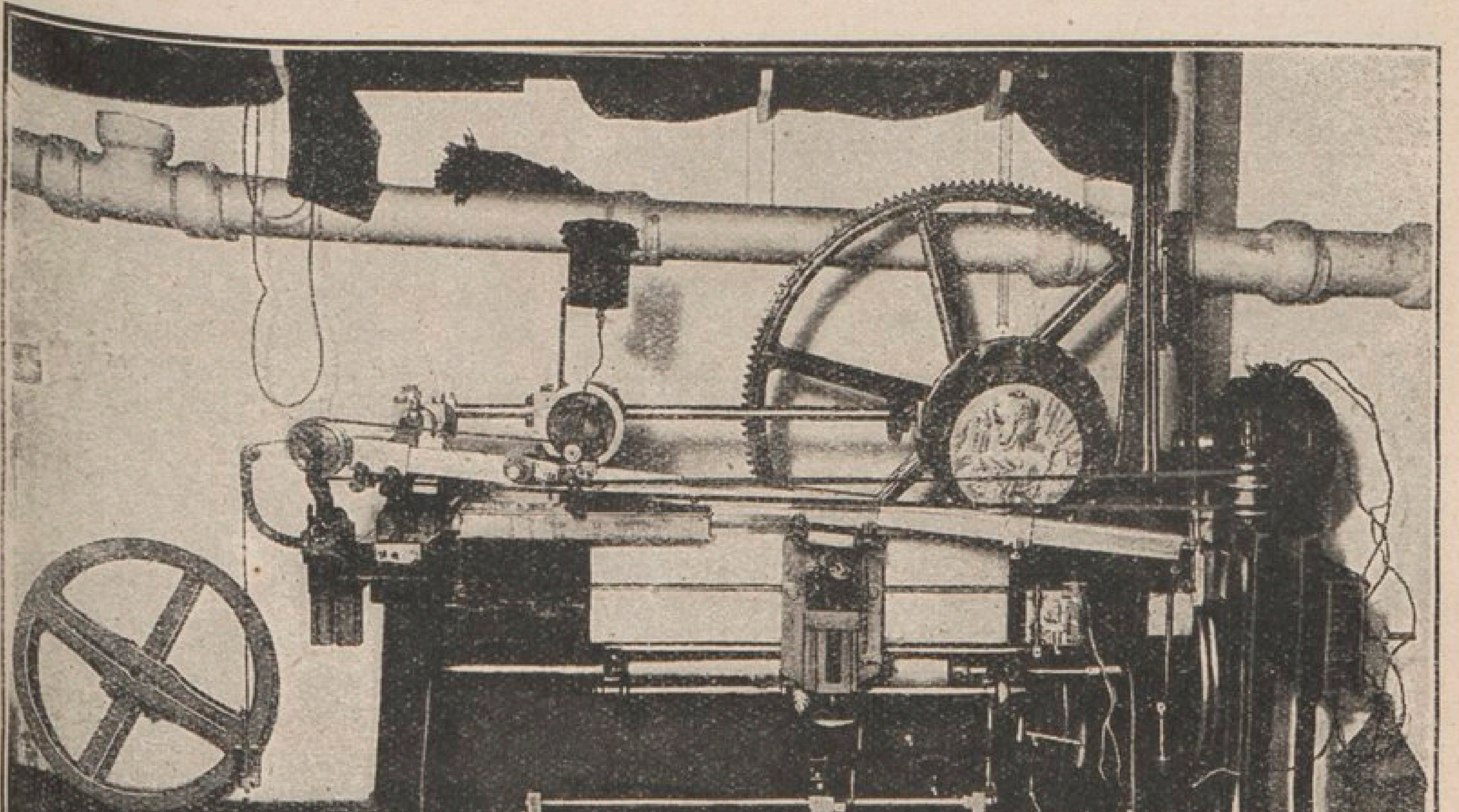
Par Étienne RICHEBERG

L'ART de la médaille se confond dans l'antiquité avec l'art monétaire, et ni les anciens Grecs, ni même les Romains, ne possédaient dans leur langue, pour désigner les médailles, aucun terme différent de ceux par lesquels on désignait la monnaie. Le mot *médaille (medaglia)* n'apparaît qu'au xv^e^ siècle, en Italie, avec le sens qu'on lui donne aujourd'hui ; c'était, primitivement, une monnaie de faible valeur (obole ou demi-denier), et, quand cette monnaie tomba en désuétude, le nom fut appliqué aux anciennes pièces n'ayant plus cours et ne possédant qu'un simple intérêt de curiosité.

En France, pendant la longue nuit du moyen âge, on ne trouve que des médailles sans art, naïvement et maladroitement travaillées et grossièrement fabriquées.

Sous la Régence et sous Louis XV, s'accentue la décadence ; l'ensemble manque de grandeur et d'élévation ; cependant, la forme est parfois particulièrement fine et délicate, et l'arrangement général assez bon.

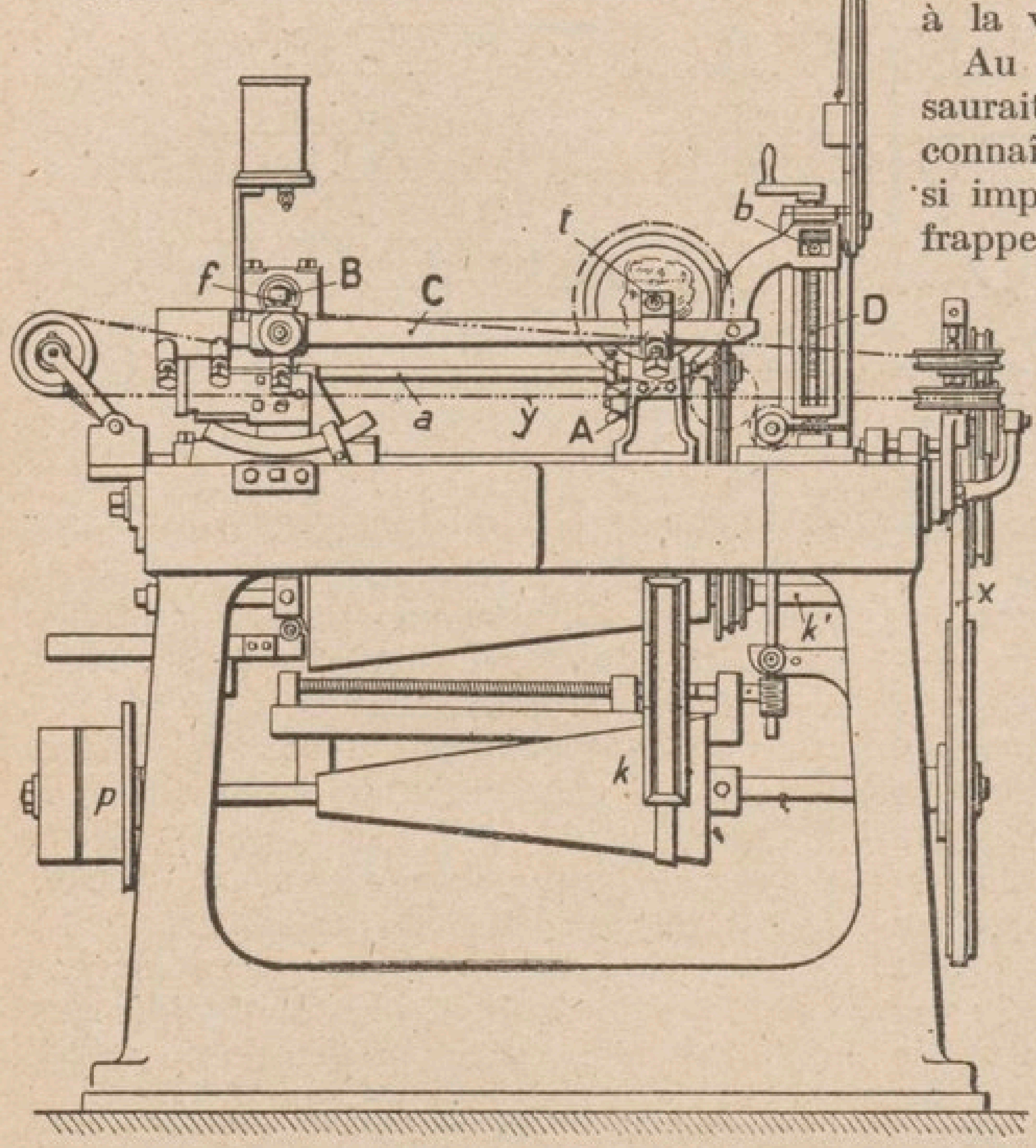
Dans la suite, la décadence devient complète, et, pendant plus d'un siècle, jusqu'à l'époque contemporaine, on ne saurait



MACHINE A RÉDUIRE GRAND MODÈLE, DES ATELIERS ARTHUR BERTRAND ET C^ie^

A droite, le modèle est fixé sur le plateau porte-modèle; vers la gauche, on voit le bloc d'acier circulaire que la fraise va graver. La touche et la fraise sont montées sur la barre horizontale du pantographe, l'un vis-à-vis du modèle, l'autre exactement en regard du bloc d'acier.

VUE SCHÉMATIQUE, EN ÉLÉVATION, D'UNE MACHINE A RÉDUIRE ORDINAIRE



A, *poupée fixe portant le modèle;* B, *poupée mobile supportant le « travail »;* C, *barre de réduction;* f, *fraise;* b, *broche supportant l'extrémité de la barre de réduction;* a, *arbre sur lequel sont montées deux vis tangentes commandant les arbres des poupées;* k', *arbre du cône donnant le mouvement à l'arbre* a; k, *cône calé sur l'arbre de la poulie motrice* p *et transmettant le mouvement à la fraise* f; D, *chariot vertical portant la broche* b; t, *touche.*

vraiment trouver une seule bonne production.

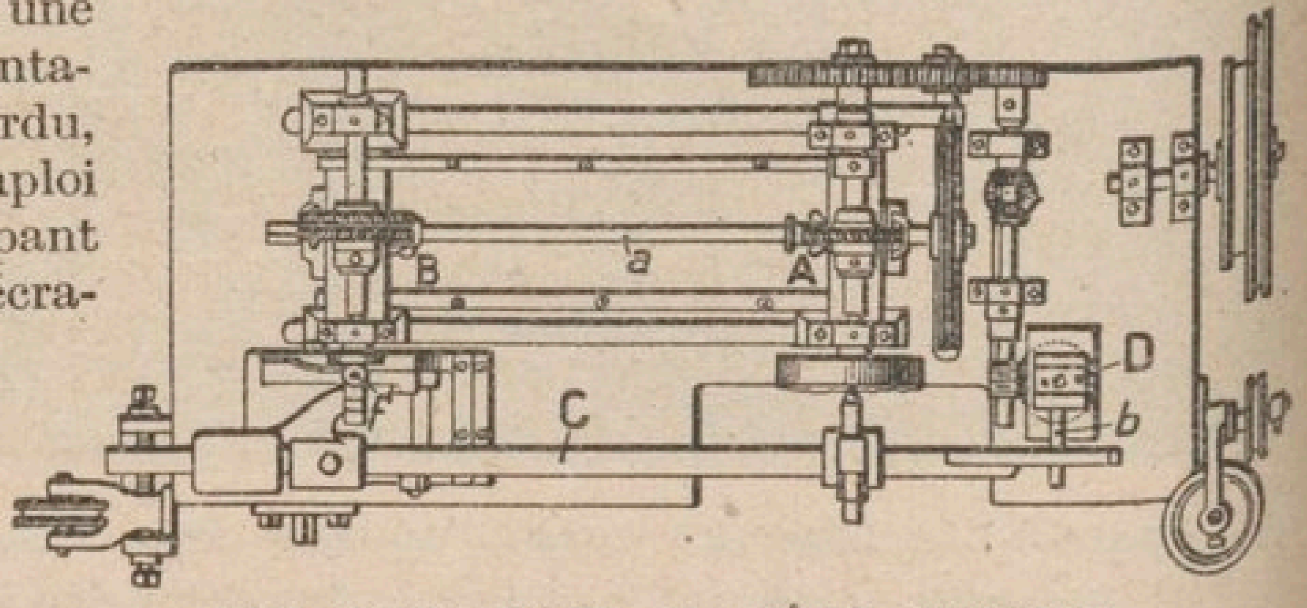
L'infériorité de l'art monétaire moderne, comparé à celui de l'antiquité, dit M. Lenormand, ne tient pas seulement à l'impuissance où se sont trouvés les artistes d'atteindre au même degré de perfection plastique que les anciens ; la différence des procédés matériels y a une très grande part. Les médailles modernes sont frappées au balancier, et non au marteau, comme l'étaient les anciennes ; l'emploi de cette machine a produit une économie importante et une augmentation de rapidité, mais l'art y a perdu, comme il perd presque toujours à l'emploi des machines. Le marteau, frappant moins durement que le balancier, n'écrasait pas le flan de la même manière et permettait ainsi d'éviter la dureté et la sécheresse des contours que l'on remarque dans toutes nos monnaies et médailles, mais qui sont inconnues à la numismatique de l'antiquité. Le marteau, manié par un ouvrier habile, était, d'ailleurs, un instrument aussi intelligent, aussi obéissant à la volonté que le ciseau du sculpteur.

Au contraire, l'effet des machines ne saurait se régler de la même façon ; il ne connaît pas ces nuances délicates, qui sont si importantes dans les œuvres d'art ; il frappe avec violence, avec la régularité brutale d'une force inconsciente. L'invention du balancier, si précieuse pour la fabrication de la monnaie courante, marque, en se plaçant uniquement au point de vue de l'art, une date funeste dans la numismatique moderne.

Depuis un demi-siècle, nous avons vu cependant figurer dans les expositions annuelles des Beaux-Arts et dans les expositions universelles de très belles œuvres. La gravure en médailles a sa part dans le triomphe de l'art français, et nos maîtres graveurs forment aujourd'hui une remarquable pléiade qui est loin d'être égalée à l'étranger.

Leurs procédés de travail sont d'ailleurs tout différents de ceux de leurs aînés. Autrefois, quand un artiste voulait produire une monnaie ou une médaille, il en gravait sur deux blocs d'acier doux, et *en creux*, l'avers et le revers. Il constituait ainsi les *matrices* (ou *coins* s'il s'agissait de monnaies) entre lesquelles on disposait le *flan*, ou rondelle de métal, soumise ensuite à l'action du marteau ou du balancier jusqu'à ce que, reproduisant en relief les creux des matrices, elle constituât la monnaie ou la médaille. Parfois, l'artiste gravait d'abord le sujet en relief sur un bloc d'acier, le *poinçon*, qui, après avoir été convenablement durci par la trempe, servait ensuite pour fabriquer la matrice proprement dite.

Aujourd'hui, grâce à des perfectionne-

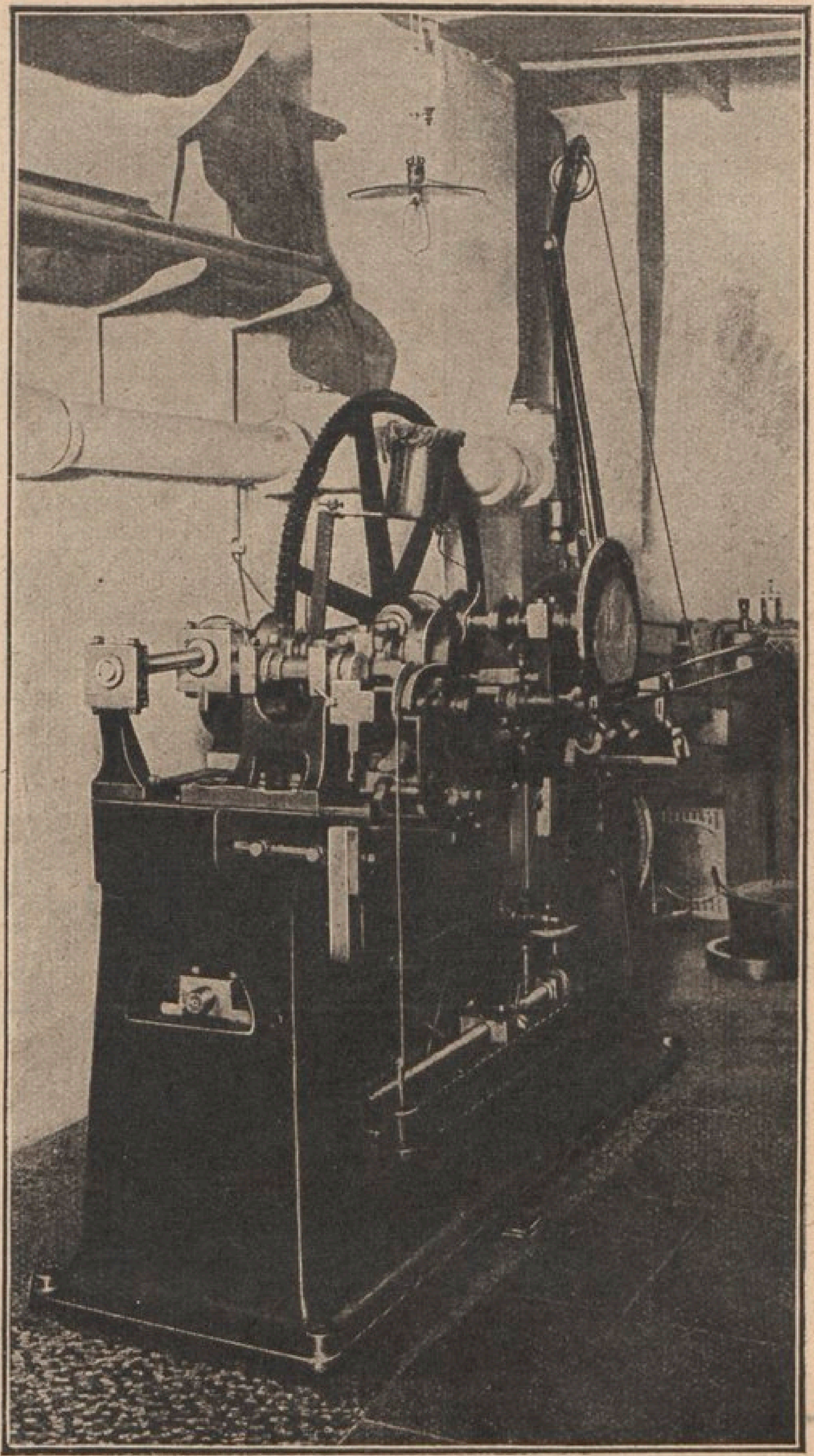


VUE EN PLAN DE LA MÊME MACHINE

(Se reporter à la légende en italique de la figure supérieure.)

ments réalisés dans la construction de machines spéciales dites « à réduire », l'artiste ne grave plus; « graver une médaille » est une expression qui subsiste toujours, il est vrai, mais qui est devenue en réalité singulièrement impropre, car le modelage a remplacé la gravure. Le sujet est modelé en terre glaise, ou plutôt en cire, à une échelle très agrandie, sur une surface plane (une ardoise généralement) de quinze à vingt centimètres de diamètre, parfois même davantage. On le coule ensuite en plâtre, et, les retouches convenables ayant été faites par l'artiste, quand celui-ci les juge nécessaires, on le reproduit en fonte dure. On a ainsi un grand médaillon qui, placé sur le plateau de la *machine à réduire,* permet d'obtenir à la dimension voulue l'effigie en creux ou en relief qu'il s'agit de reproduire.

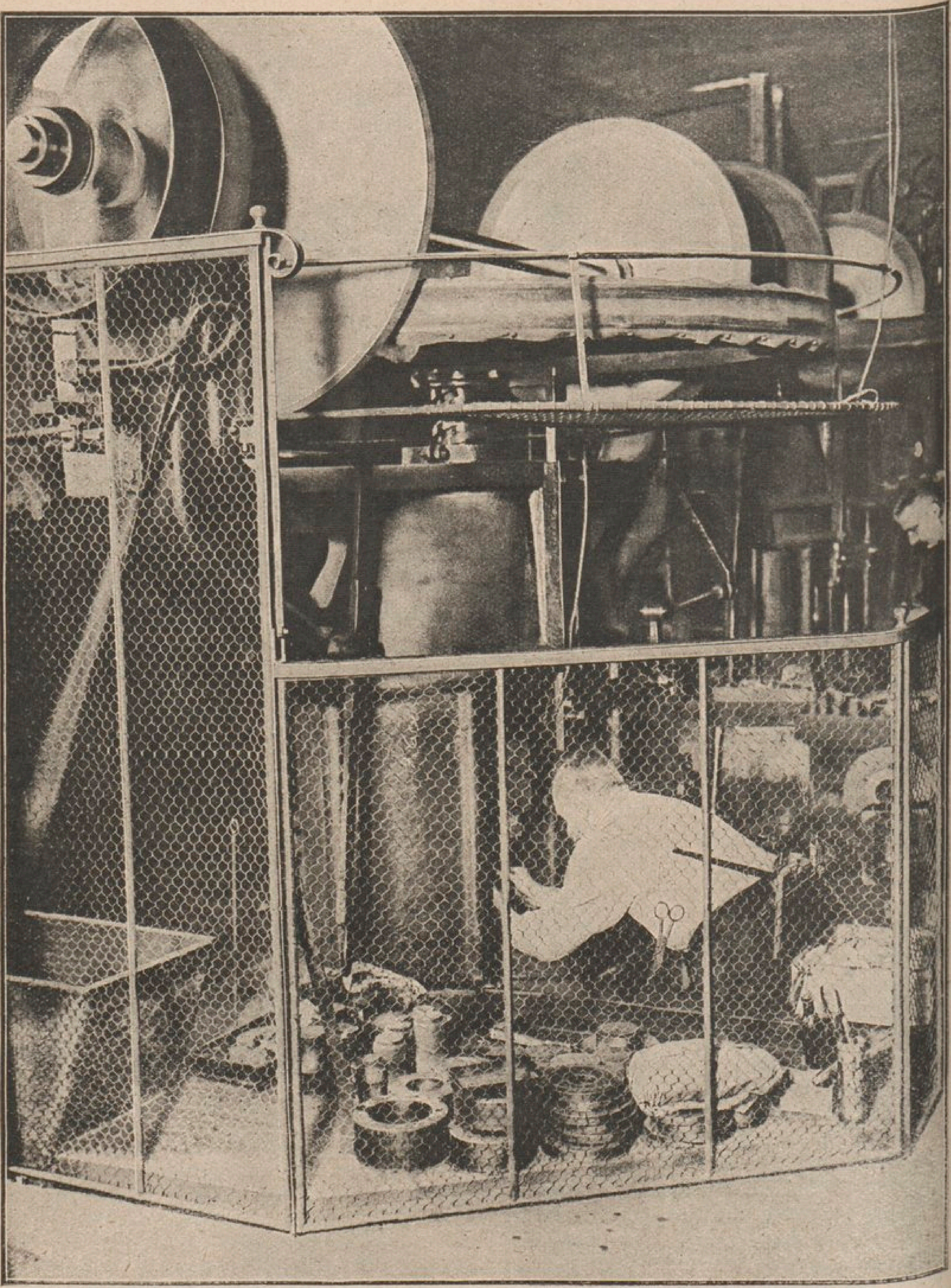
Les premières machines à réduire que l'on ait employées datent d'assez loin, mais elles étaient rudimentaires et ne produisaient qu'un travail imparfait. On n'obtenait avec elles que peu de relief, et elles fonctionnaient avec une lenteur telle, que, le plus souvent, on était obligé de renoncer à leur emploi. Aujourd'hui, on les construit mieux, et elles permettent d'obtenir très rapidement des réductions sur une hauteur quelconque de relief en reproduisant le modèle avec une fidélité parfaite. Elles ne sont d'ailleurs qu'une application perfectionnée du pantographe.



LA MACHINE GRAND MODÈLE DES ATELIERS BERTRAND ET C[ie], VUE DE TROIS QUARTS

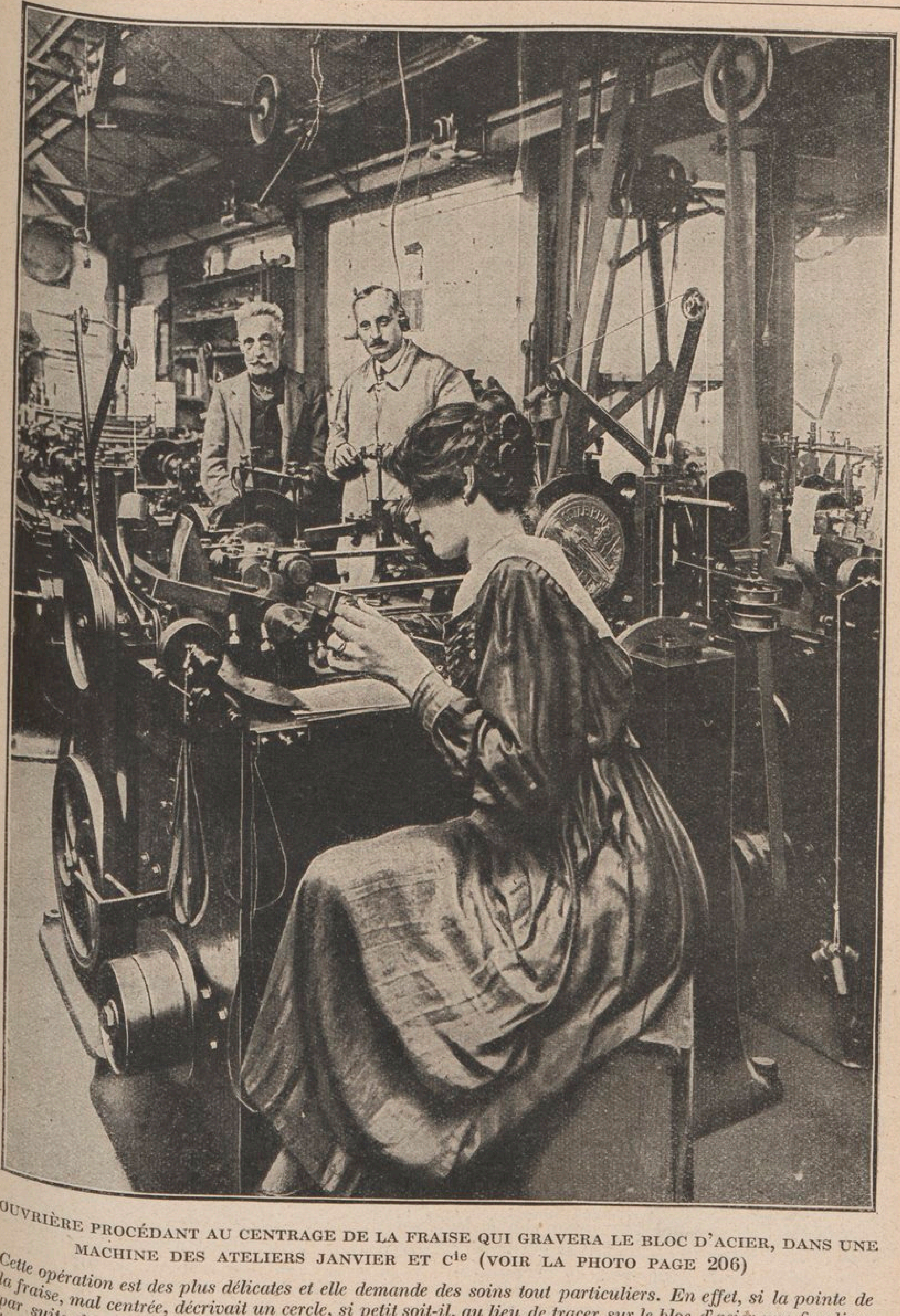
La machine est essentiellement constituée par la combinaison, sur un même bâti, de deux poupées, l'une fixe, *A*, portant le modèle, l'autre, *B*, mobile dans le sens longitudinal, supportant le *travail,* avec une barre de réduction *C*, sur laquelle sont montées la *touche,* qui suit les détails du modèle, et la *fraise f*, qui grave la matière sur laquelle se fait la reproduction. Des contrepoids déterminent l'application constante contre le modèle et le travail, respectivement, de la touche et de la fraise *f*, qui tourne à 3.500 tours environ (Schémas à la page précédente).

Par suite, pour que les moindres reliefs du modèle soient reproduits sur la réduction, lors de la rotation des deux poupées *A* et *B*, il suffit que la barre *C* soit articulée à une de ses extrémités, de façon à pouvoir, d'une part, osciller horizontalement sur des pivots verticaux, suivant les reliefs rencontrés par la *touche*, et, d'autre part, s'abaisser progressivement, suivant un plan vertical du centre du modèle à sa circonférence. Ce deuxième mouvement est obtenu mécaniquement par la descente automatique d'une broche *b* qui supporte, par l'intermédiaire d'un galet, l'extrémité libre de la barre.



GRAND BALANCIER DONT LA VIS A 15 CENTIMÈTRES DE DIAMÈTRE : L'OUVRIER MET EN PLACE LA RONDELLE, ENTRE LES MATRICES QUI VONT ÊTRE FRAPPÉES

Cette machine est entourée d'un grillage servant à protéger le personnel. Voici son fonctionnement : la courroie de transmission fait tourner les deux disques verticaux, qui, montés sur un axe horizontal, appuient fortement, par leur face interne, contre la circonférence du volant, porté par la vis verticale, et entraînent celui-ci. Sous l'action du mouvement de rotation qui lui est ainsi communiqué, la vis descend dans son pas de vis qui la guide, et sa base vient frapper la médaille.



OUVRIÈRE PROCÉDANT AU CENTRAGE DE LA FRAISE QUI GRAVERA LE BLOC D'ACIER, DANS UNE MACHINE DES ATELIERS JANVIER ET Cie (VOIR LA PHOTO PAGE 206)

Cette opération est des plus délicates et elle demande des soins tout particuliers. En effet, si la pointe de la fraise, mal centrée, décrivait un cercle, si petit soit-il, au lieu de tracer sur le bloc d'acier une fine ligne par suite de sa rotation dans le plan vertical, la réduction serait manquée. Il en est de même pour la touche, qui, avant la mise en marche de la machine, doit être placée très exactement au centre du modèle ; s'il en était autrement, la fraise serait animée de mouvements irréguliers.

Dans un modèle spécial, ainsi qu'on peut le voir sur les dessins que nous donnons, une disposition particulière de l'articulation de la barre consiste dans le remplacement du pivot horizontal par un secteur circulaire dont le centre est un point exactement à la hauteur du centre du travail. Ce dispositif permet de rapprocher, autant qu'on le veut, la poupée mobile et le porte-fraise du point d'articulation, et d'avoir ainsi une réduction aussi petite qu'on le désire. On peut enfin, en rapprochant et en éloignant les pivots qui constituent l'axe vertical d'articulation de la barre, faire varier plus ou moins la valeur de la réduction du relief par rapport à celle de la réduction diamétrale.

En ce qui concerne la transmission du mouvement, divers organes groupés sur le bâti de la machine sont destinés à provoquer, simultanément, les mouvements suivants :

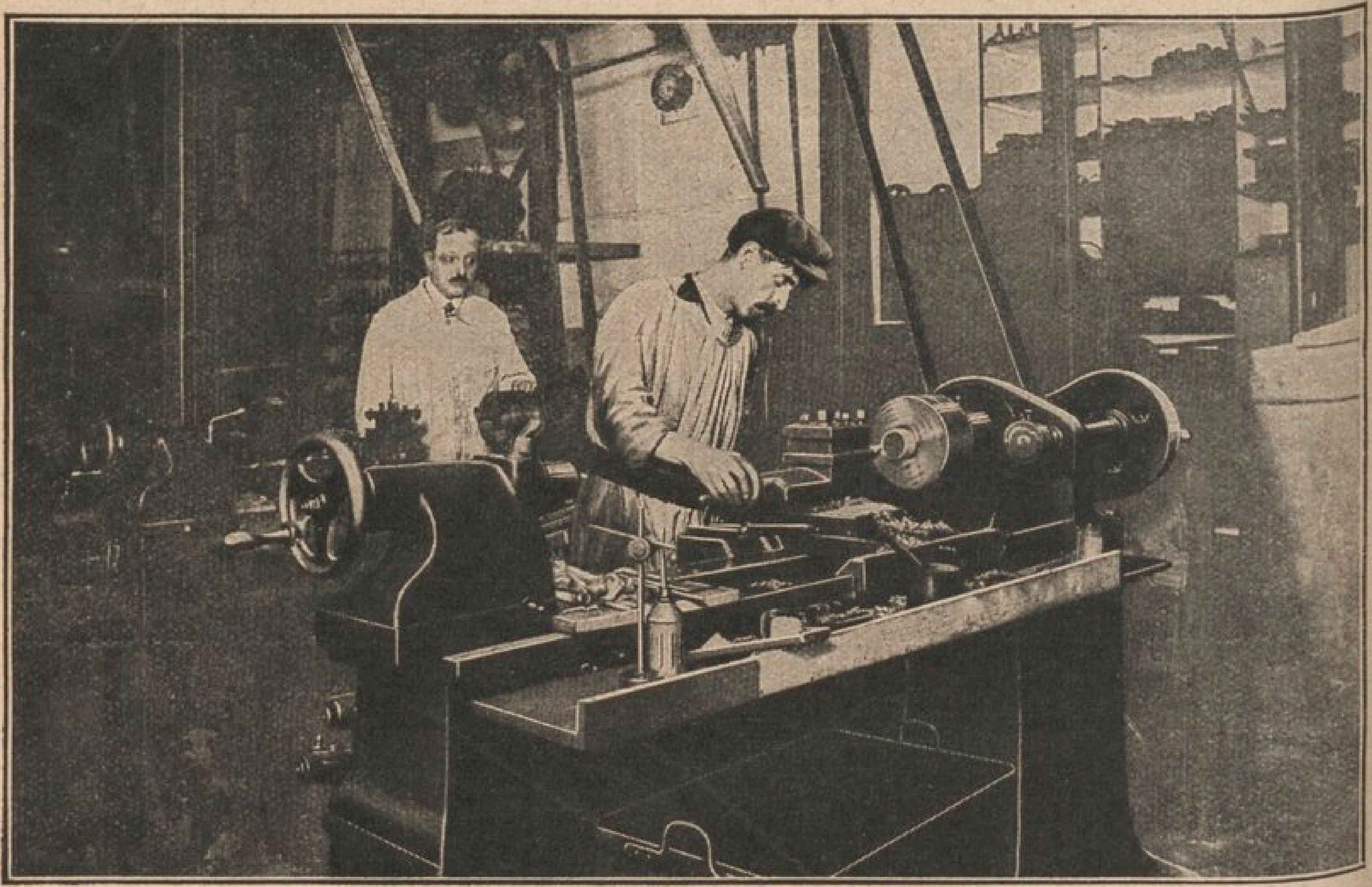
1° Rotation lente à des vitesses égales des deux poupées porte-modèle et porte-travail;

2° Rotation à 3.500 tours environ à la minute de la fraise en contact avec le travail ;

3° Abaissement progressif et nécessairement très lent de la broche *b* qui supporte l'extrémité libre de la barre de réduction;

4° Réduction également progressive de la vites[se de] la rotation des poupées *A* et *B*, correspondant exactement à l'abaissement de la barre de réduction, de façon que, la touche et l'outil agissant à plus grande distance des centres du modèle et du travail, les vitesses des déplacements des points de contact demeurent cependant constantes.

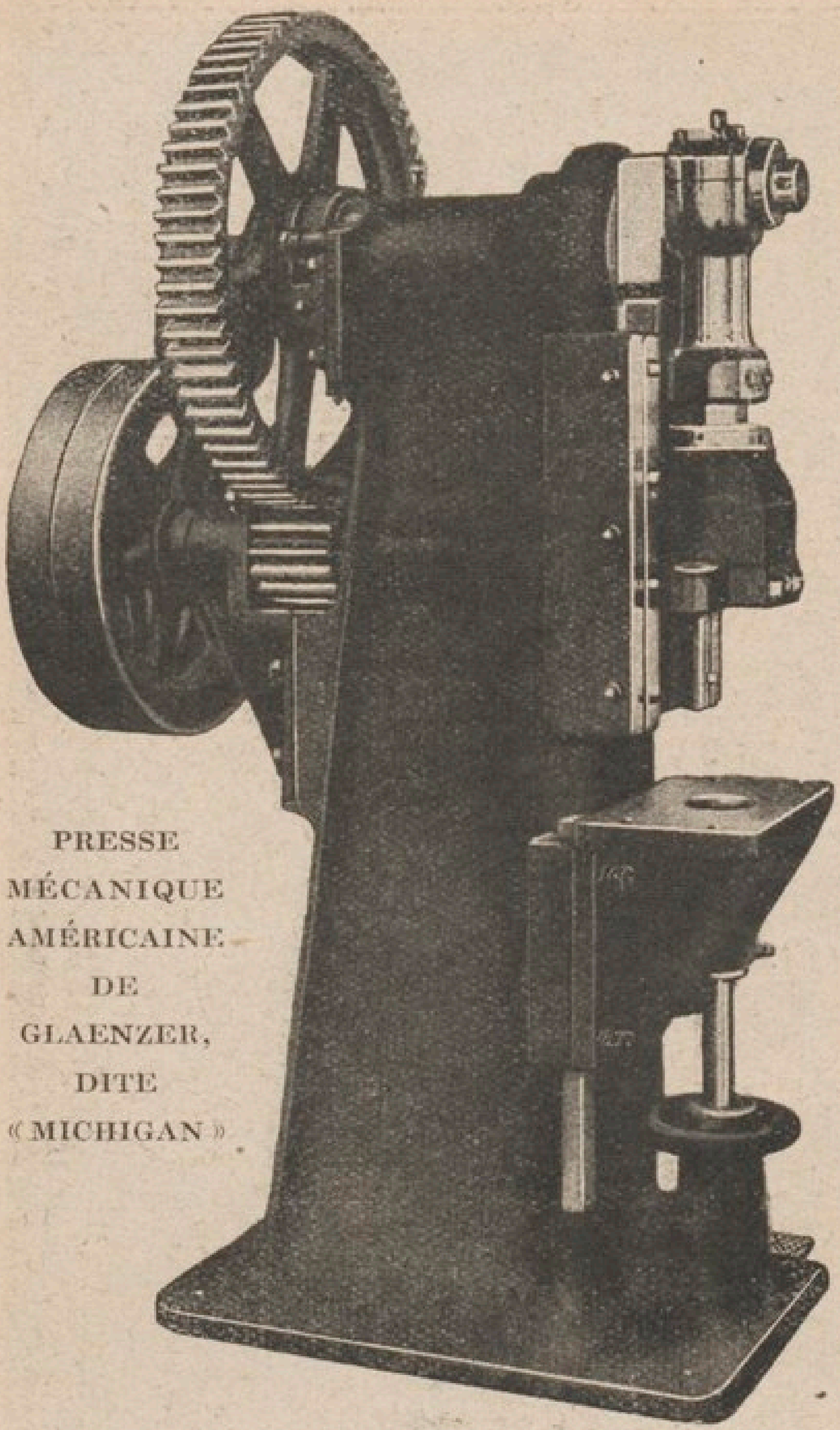
Les arbres des poupées *A* et *B* portent deux roues dentées égales, commandées par deux vis tangentes, montées sur un arbre *a*. Le mouvement de ce dernier arbre est pris, par transmission flexible, sur l'arbre du cône *k'*, qui reçoit lui-même son mouvement, par courroie, du cône *k*, calé sur l'arbre de la poulie motrice *p*. Sur le même arbre et à l'extérieur du bâti se trouve un volant qui, par une série de petites poulies à gorge et de galets tendeurs, transmet à la fraise, au moyen des courroies *x* et *y*, un mouvement accéléré. L'arbre de la poupée porte-modèle, par une série d'engrenages et de vis sans fin, commande le chariot vertical *D* qui porte sur sa glissière la broche *b*, et il en résulte un abaissement très lent de l'extrémité libre de la barre de réduction. Au fur et à mesure de cet abaissement, l'arbre de la poupée porte-modèle transmet son mouvement à la vis sans fin qui provoque la translation vers la gauche de la courroie reliant les deux cônes, ce qui détermine, dans un



AVANT LEUR TREMPE, LES POINÇONS SONT TOURNÉS TRÈS EXACTEMENT AU DIAMÈTRE INTÉRIEUR DES VIROLES DANS LESQUELLES ILS DOIVENT S'AJUSTER

MANŒUVRE DE LA PRESSE DE MILLE TONNES POUR LA COMPRESSION DES « FLANS »

Le flan est placé entre deux matrices, et l'ouvrier actionne de la main gauche un volant pour comprimer le tout. Sur la tablette, au premier plan, on voit un lot de « flans » qui seront successivement et très rapidement transformés en médailles ou en plaquettes commémoratives.



PRESSE MÉCANIQUE AMÉRICAINE DE GLAENZER, DITE « MICHIGAN »

Cette presse, dans les ateliers modernes, est de plus en plus substituée au balancier.

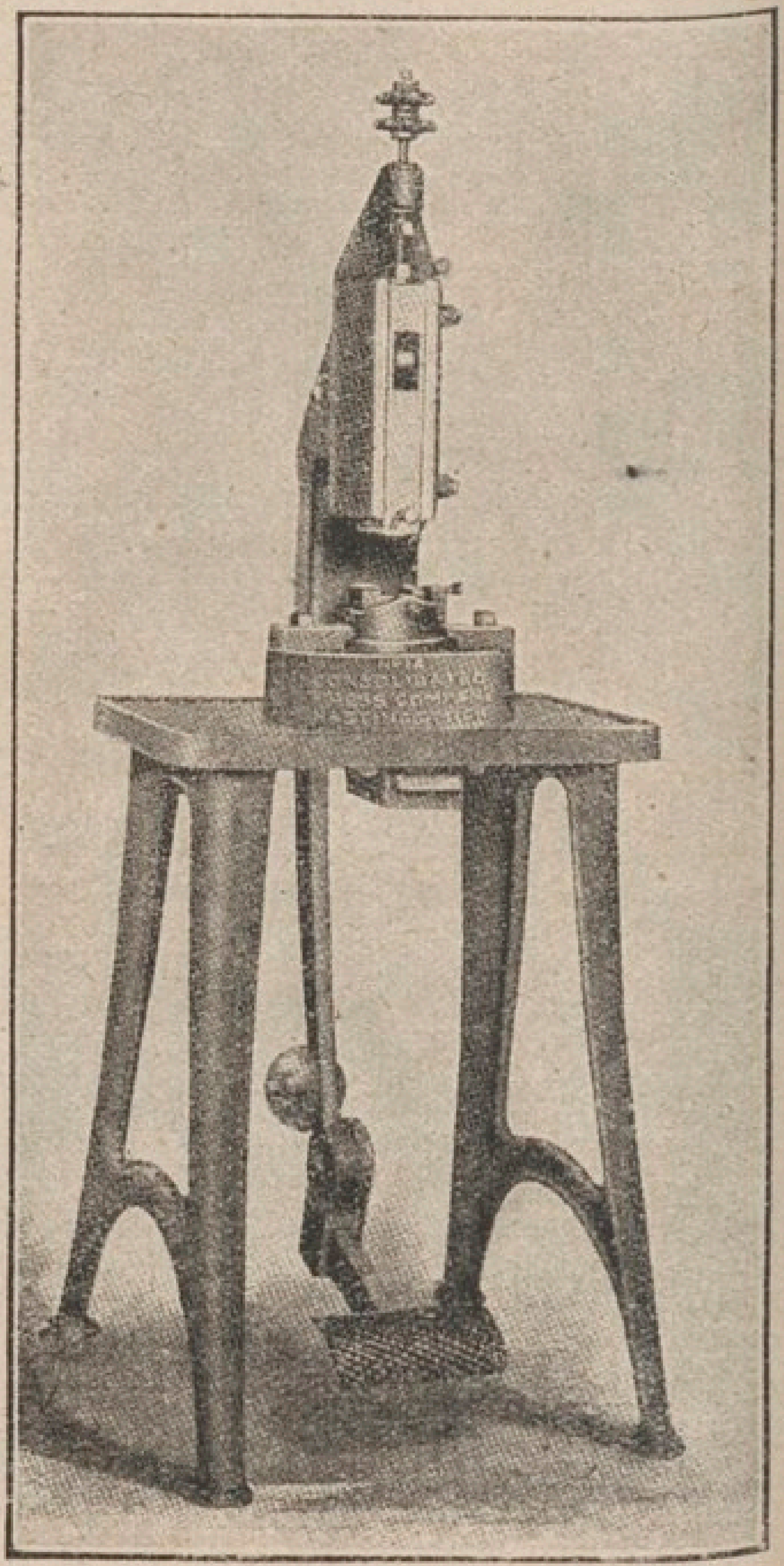
temps très court, un ralentissement progressif de la rotation des arbres des poupées.

Le réglage et le fonctionnement de ces divers organes mécaniques s'opèrent ainsi :

La position de la poupée mobile *B* et celle du porte-fraise étant déterminées minutieusement par le rapport de réduction que l'on veut obtenir, on règle d'abord la position de ces organes en amenant exactement la pointe de la touche au centre du modèle et la fraise au centre du bloc à travailler. Ce centrage préalable est une opération délicate ; il doit être rigoureusement exact, sinon, il se produirait des déformations qui rendraient le travail défectueux. La machine peut alors être mise en marche, et, par l'effet de la combinaison des divers mouvements énumérés plus haut, les moindres détails du modèle passent sous la pointe de la touche et sont reproduits par la fraise sur la matière à travailler, qui est, le plus généralement, un bloc d'acier doux, lequel constitue le poinçon, que l'on trempe avec les plus grandes précautions pour éviter une oxydation qui détériorerait le travail. Dans cette opération de la trempe, le poinçon ne doit pas être en contact direct avec le feu ; on le place, la gravure en dessous, dans une boîte en tôle ou dans un coffre en terre réfractaire et on l'entoure, avec le plus grand soin, de charbon de bois en poudre. On le plonge enfin dans l'eau après l'avoir chauffé, pendant plusieurs heures, à la température de 7 à 800 degrés.

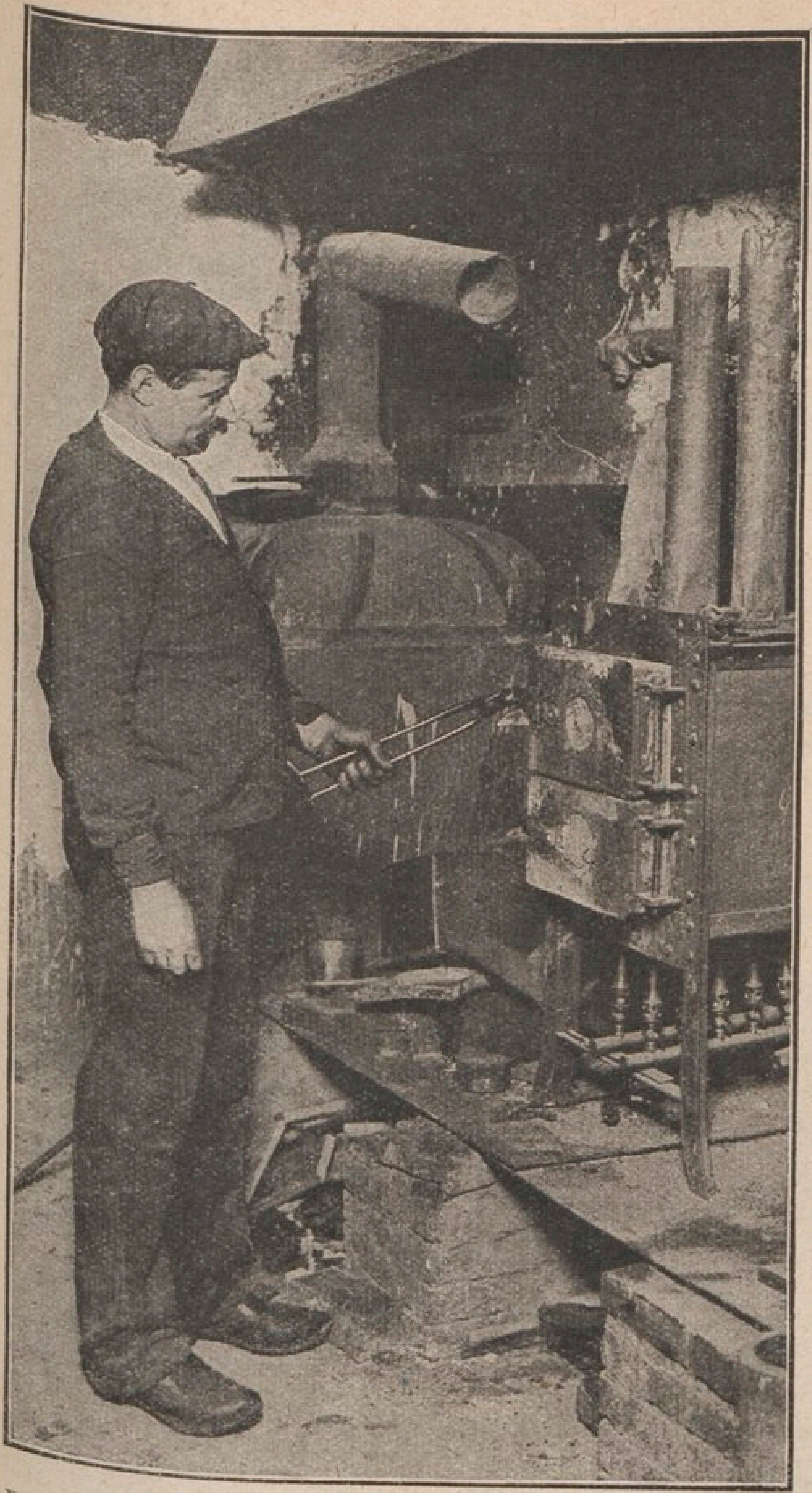
Ce *poinçon-étalon* permet d'obtenir un nombre indéfini de coins ou matrices.

Pour faire la matrice, on prend un morceau d'acier fondu bien recuit dont une des faces a été travaillée sur le tour, de façon à former une sorte de cône d'une très faible hauteur. On place son sommet juste au centre, au-dessus du poinçon, sous le balancier ou entre les plateaux de la presse. Par suite du choc ou de la pression, il s'écrase, et, après plusieurs opérations successives, dans l'intervalle desquelles il est recuit et refroidi



PRESSE A PIED DU TYPE « MICHIGAN »

Elle est surtout employée pour la fabrication rapide des petites médailles dont le relief est assez faible.



FOUR SPÉCIAL POUR LE CHAUFFAGE, A L'ABRI DE L'AIR, DES POINÇONS ET MATRICES DEVANT SUBIR LA TREMPE ET LA RECUISSON

Les médailles qui, en raison de leur haut relief, doivent être soumises deux ou plusieurs fois à l'action du balancier ou de la presse, sont également recuites au four après chaque passe.

emboîte dans la virole en acier qui leur sert de chemise, faces gravées en regard, en plaçant entre ces deux faces la rondelle de métal, soigneusement décapée, qui devra former la médaille, laquelle rondelle a été découpée à l'avance, à la machine, selon le module de celle-ci. Son diamètre doit être très exactement le même que le diamètre intérieur de la virole, afin que le métal ne s'étende pas, en s'écrasant sous le choc ou la pression.

Le tout, ne formant qu'un seul bloc et ayant les quatre pièces qui le composent bien repérées au moyen d'une queue d'aronde, est alors placé sous le marteau du balancier ou sous la face agissante de la presse.

Un autre procédé de fabrication consiste à remplacer la virole par une pièce dite « boîte », laquelle se compose d'un cylindre d'acier à parois extrêmement épaisses, dont le diamètre intérieur est égal au plus grand diamètre des matrices (et non pas seulement, comme dans le cas précédent, à leur face supérieure, qui porte la gravure, et qui est toujours d'un diamètre réduit) et qui, par conséquent, est bien supérieur à celui de la médaille qui doit être frappée. La rondelle de métal a été alors découpée selon un diamètre également plus grand, et, après la frappe, le métal en excès, celui qui déborde la tranche, est enlevé à l'aide d'un emporte-pièce ou en plaçant la médaille sur le tour.

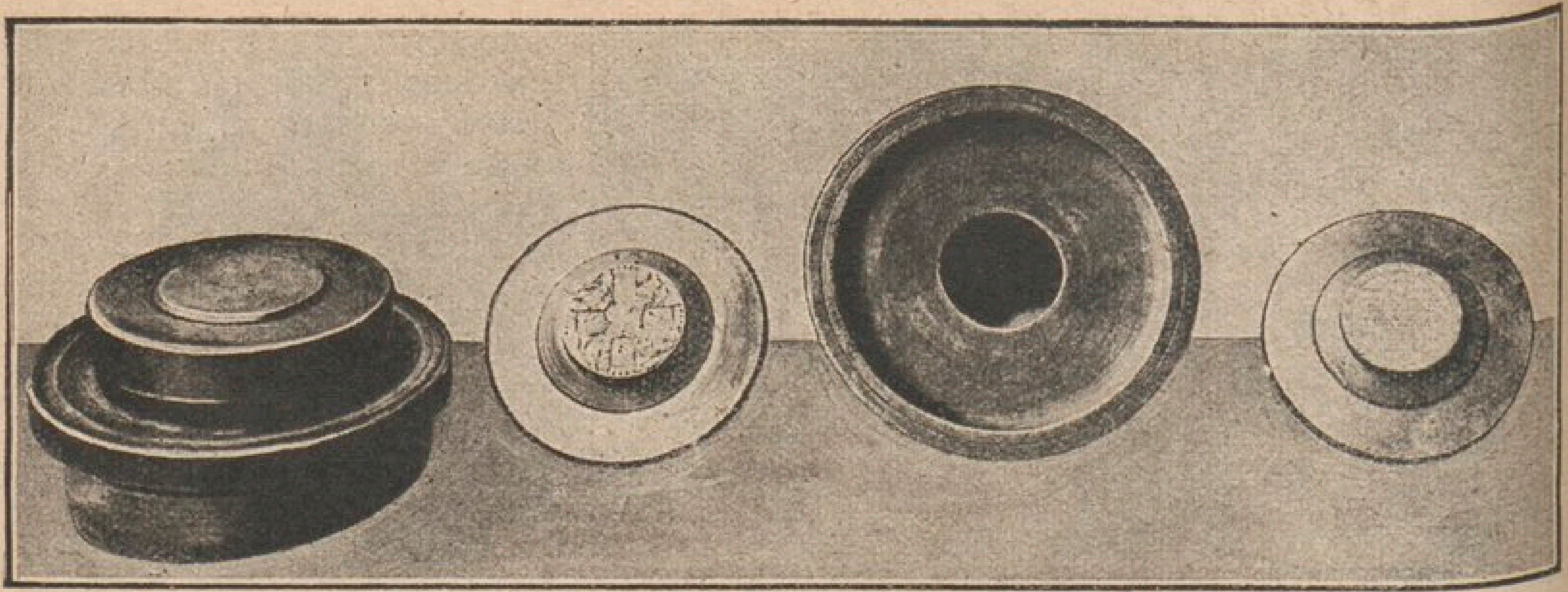
Ce procédé est employé de préférence aujourd'hui, car il est plus expéditif que le précédent. On l'emploie également et exclusivement pour la frappe des médailles ovales et des plaquettes.

Enfin, quand la médaille ne doit avoir qu'un très faible relief, on la frappe au « mouton ». Une

lentement, on obtient la matrice qui reproduit en creux l'empreinte du poinçon.

Pour frapper une médaille, il faut, naturellement, deux matrices, l'une pour l'avers, l'autre pour le revers — sauf quand ce revers doit rester uni. Quand elles sont prêtes, et après avoir été trempées puis convenablement recuites dans un four spécial, on les

des matrices (la supérieure) est alors fixée à la pièce mobile de l'outil et, en s'abaissant, elle vient frapper sur la rondelle à la façon d'un marteau. Comme dans le cas précédent, l'excès de métal débordant la tranche est enlevé sur le tour avec le burin, ou, surtout quand la médaille est dite à « bélière », c'est-à-dire quand elle doit porter un anneau pour



MATRICES DANS LEUR VIROLE ET MATRICES SORTIES DE LEUR VIROLE

De gauche à droite : matrices emboîtées dans la virole ; l'une des deux matrices (celle pour l'avers) ; la virole proprement dite vide ; l'autre matrice (celle pour le revers).

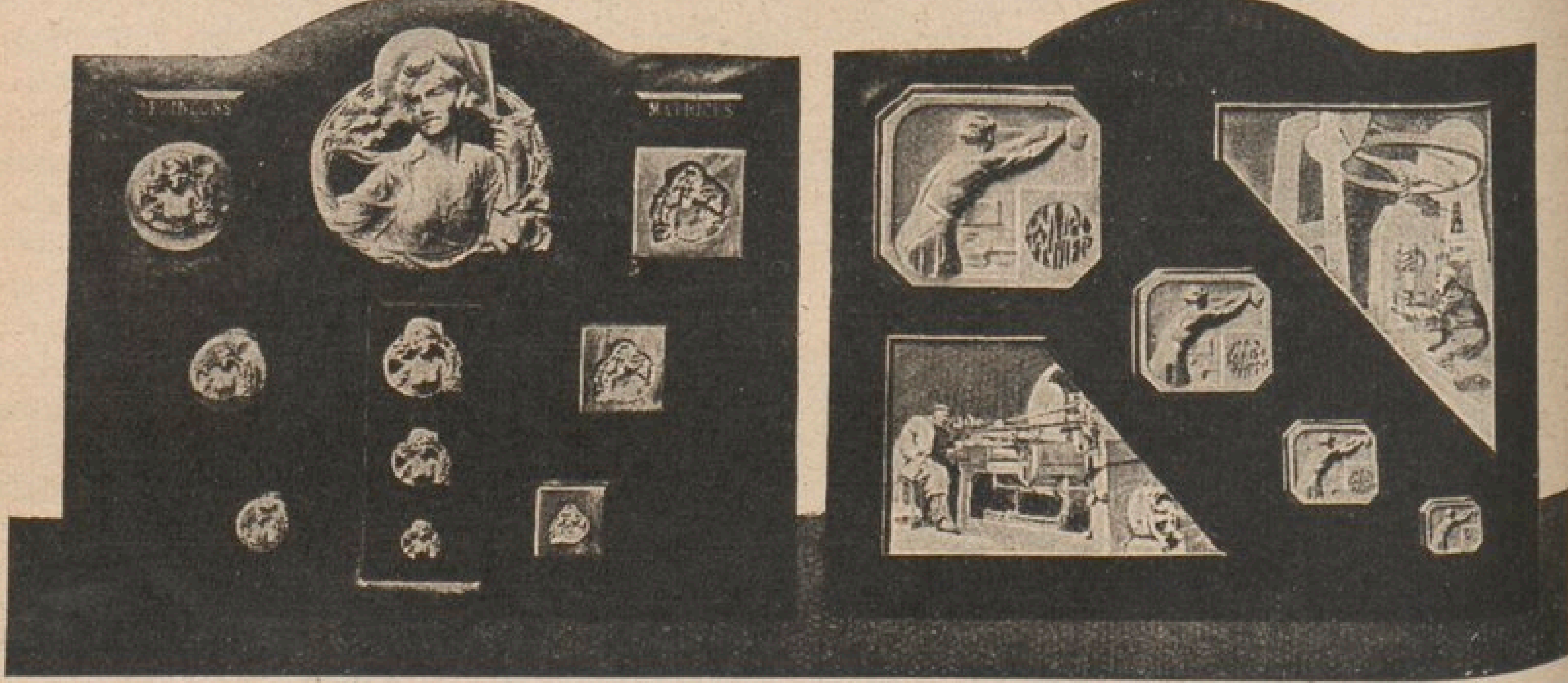
sa suspension, à l'aide d'un emporte-pièce d'un calibre et d'une forme appropriés.

Depuis un certain temps, on remplace de plus en plus fréquemment la frappe au balancier, qui agit brutalement, par choc, ce qui donne, ainsi qu'on l'a dit plus haut, de la dureté et de la sécheresse dans les contours, par le travail à la presse, moins dur, plus souple, ne détériorant pas le métal et donnant des produits se rapprochant jusqu'à un certain point de l'ancienne frappe au marteau. De plus, par suite de l'absence de choc, les matrices fatiguent moins et sont moins sujettes à se briser : accident qui n'est pas rare avec l'emploi du balancier. Mais il faut, pour obtenir un bon résultat par ce procédé, que la presse soit très puissante (mille tonnes environ), sinon le métal comprimé ne remplit pas complètement les creux de la matrice et le relief de la médaille est incomplet et défectueux.

Disons enfin que la gravure du modèle doit être faite de telle sorte que les parties de l'avers et du revers où le relief est le plus accentué ne doivent pas se correspondre, sinon, malgré les chocs répétés du balancier ou l'énorme pression donnée par la presse, les reliefs sur la médaille ne s'obtiendraient pas ou viendraient mal et leurs lignes n'auraient pas toute la pureté désirable.

Pour les médailles qui ont beaucoup de relief, on procède à leur frappe à l'aide de plusieurs passes, et, après chacune d'elles, il faut que le métal soit recuit, puis décané, sous peine de se fendiller et de s'écraser.

ÉTIENNE RICHEBERG.



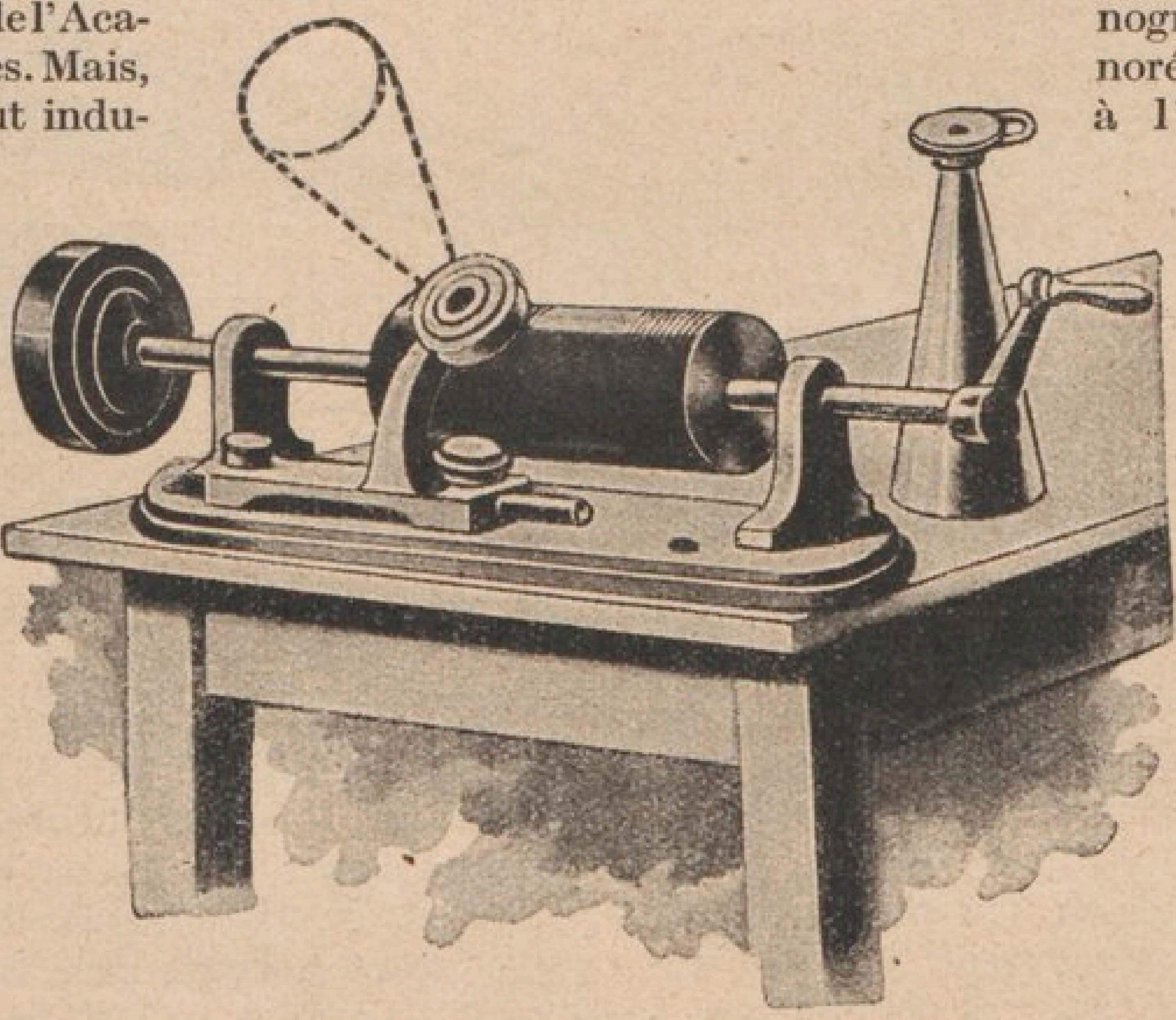
SÉRIES, EN GRANDEURS PROGRESSIVEMENT DÉCROISSANTES, DE POINÇONS EN RELIEF, DE POINÇONS EN CREUX ET DE MÉDAILLES TERMINÉES

Les machines décrites dans cet article peuvent réduire jusqu'au quart de millimètre.

CE QU'EST DEVENU LE PHONOGRAPHE APRÈS QUARANTE ANNÉES D'EFFORTS

Par René BROCARD

Le phonographe a eu, le 30 avril dernier, quarante-deux ans d'existence. C'est, en effet, le 30 avril 1877, que Charles Cros déposa, sur le bureau de l'Académie des Sciences, un pli cacheté contenant la description complète et précise de ce merveilleux appareil. La priorité de ce Français dans l'invention du phonographe est un fait indiscutable et consigné officiellement dans un procès-verbal de l'Académie des Sciences. Mais, si Charles Cros fut indubitablement le premier à concevoir le phonographe, Edison fut, lui, le premier à le réaliser. C'est le 19 décembre 1877 que le génial Américain prit son premier brevet, lequel, d'ailleurs, n'évoquait pas encore ce que devait être plus tard le phonographe (le mot est de l'abbé Lenoir, un ami intime de Charles Cros). Trois semaines après, en revanche, Edison prit un certificat d'addition à son brevet, dans lequel il adoptait non seulement le mot *phonographe*, mais donnait une description très précise de l'appareil qu'il allait révéler au monde savant.



LE PHONOGRAPHE D'EDISON. IL FUT PRÉSENTÉ A L'ACADÉMIE DES SCIENCES LE 11 MARS 1878

M. le comte du Moncel présenta le phonographe à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 11 mars 1878. Sur la demande de M. du Moncel, M. Püsyas, concessionnaire du brevet d'Edison, s'assit devant la table sur laquelle avait été posé l'appareil et prononça très distinctement, à portée du petit porte-voix de l'instrument, la phrase suivante : « Le phonographe est très honoré d'être présenté à l'Académie des Sciences ». On réclama le silence. M. Püsyas introduisit dans le porte-voix un grand cornet acoustique en carton ; il fit fonctionner la machine, et, tout à coup, au grand étonnement de l'assistance, on entendit le phonographe répéter d'une voix un peu nasillarde mais distincte : « Le phonographe est très honoré d'être présenté à l'Académie des Sciences. » M. Püsyas avait un accent américain assez prononcé que la machine reproduisit avec une fidélité surprenante. La ressemblance était telle qu'un membre de l'Académie, assez incrédule, ne put s'empêcher de dire à demi-voix : « Mais c'est impossible, la machine n'y est pour rien ; il y a ici un ventriloque ! » On pria alors M. du Moncel de prendre la place de l'Américain, et bien qu'il ne prononçât pas assez près de l'embouchure la phrase : « Nous remercions M. Edison de nous avoir envoyé son phonographe », l'appareil répéta ces mots avec une netteté suffisante pour attester son authentique faculté de reproduction.

C'est ainsi que fut introduit le phonographe en France et qu'il y reçut de la docte et haute assemblée sa consécration officielle.

L'appareil d'Edison se composait d'un diaphragme placé à la base d'une embouchure et portant en son milieu un petit stylet. La

pointe de ce stylet s'appuyait sur un rouleau horizontal, un cylindre en cuivre, d'environ vingt centimètres de longueur, recouvert d'une feuille d'étain. Ce cylindre était placé entre deux supports et monté sur une tige filetée. Quand, à l'aide d'une manivelle, on faisait tourner la tige filetée, elle progressait comme une vis dans son écrou, entraînant le cylindre d'un mouvement de translation lent et régulier, en même temps qu'elle le faisait tourner sur lui-même. Le stylet, fixé à la membrane vibrante, creusait donc, sous l'influence des vibrations imparties à celle-ci par la parole, un sillon en spirale dans la feuille d'étain, et ce sillon, avec les creux et les saillies correspondant aux différentes intensités et intonations du son qu'il présentait, correspondait à une véritable écriture phonétique. Voilà pour l'enregistrement.

Quand on voulait que l'appareil interprétât cette écriture et répétât les sons enregistrés, il suffisait d'abord de tourner la manivelle en sens inverse pour faire revenir le cylindre à son point de départ, puis de remettre ce dernier en marche dans le sens initial. Le stylet s'engageait dans le sillon qu'il avait creusé, et, en passant sur les petites aspérités et les creux, en quelque sorte sculptés dans la matière plastique, c'est lui, cette fois, qui obligeait, par ses déplacements continus, le diaphragme de l'appareil à répéter les mouvements vibratoires qu'il avait accusés sous l'influence de la parole, et, par suite, à reproduire fidèlement les sons émis devant l'embouchure.

La voix qui sortait de l'instrument était, évidemment, altérée ; ce n'était plus la voix de la personne : elle était plus grêle, plus faible, métallique ; d'autre part, il y avait des voyelles que la machine articulait mieux et des timbres qu'elle reproduisait plus fidèlement. L'histoire du phonographe va consigner, à partir de ce moment, une suite ininterrompue de recherches laborieuses tendant toutes vers le même but : la reproduction fidèle et rigoureusement exacte du timbre, de la tonalité et des modulations des sons, qu'il s'agisse de la voix parlée et chantée ou encore de la musique.

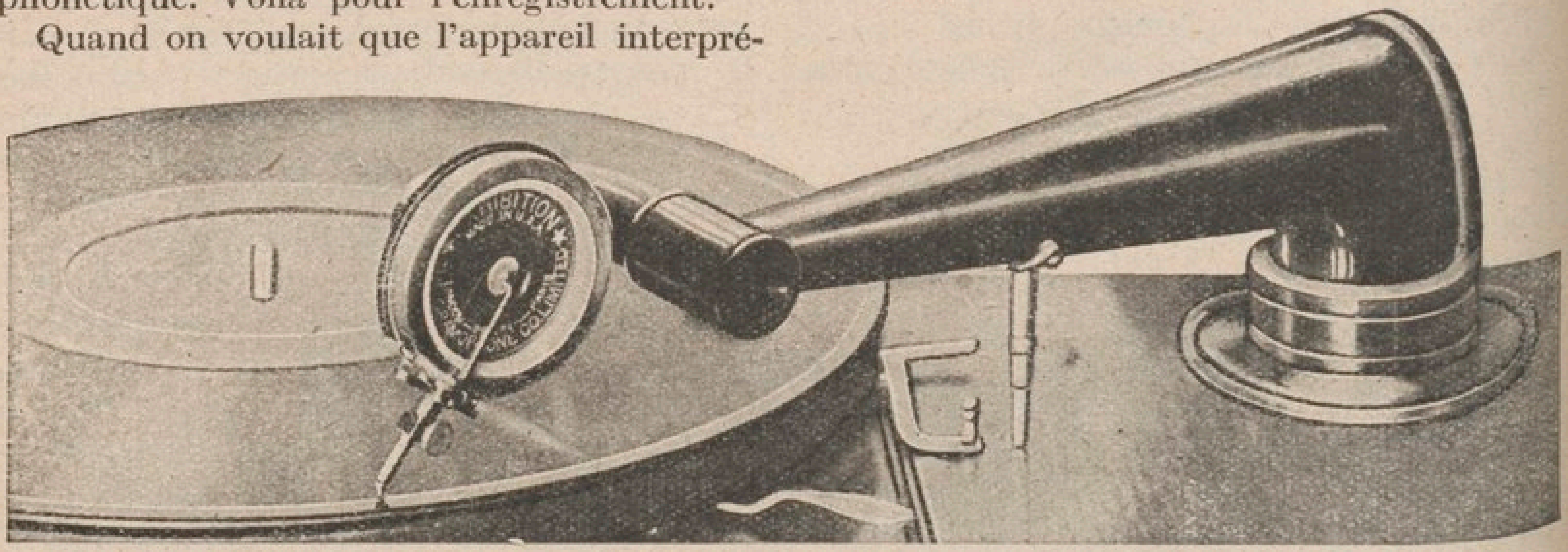
De 1878 à 1881, l'appareil d'Edison ne subit pour ainsi dire aucun changement ; il laissait, pourtant, de très intéressantes questions à résoudre, comme par exemple :

1° La durée de l'enregistrement du son était très limitée, car le cylindre était, dans le premier appareil d'Edison, partie intégrale de la machine ; une fois ce cylindre impressionné, ou, mieux, sa doublure d'étain, on ne pouvait enregistrer d'autres sons et l'appareil était voué à reproduire éternellement ceux qui avaient été initialement proférés devant le cornet du phonographe;

2° Quand on enlevait du cylindre la feuille métallique qui le recouvrait, cette dernière, complètement déformée, était bonne à mettre au rebut ou à envoyer à la fonte ; on ne pouvait donc conserver la moindre trace des sons enregistrés ;

3° Le papier d'étain ne pouvait, à cause de sa grande malléabilité, reproduire le son qu'un nombre de fois très restreint.

Cherchant la solution de ces trois desiderata, un Français, M. Gamard, imagina de transformer le mouvement curviligne en un mouvement rectiligne. Son appareil se composait d'un plateau horizontal sur lequel une série de chariots pouvaient se déplacer à l'aide d'une crémaillère fixée à leur partie inférieure et s'adaptant à une roue dentée munie d'une manivelle. Au centre de chacun de ces chariots se plaçait une petite règle de cuivre sur laquelle on fixait une mince feuille de cuivre ou d'argent. C'est au-dessus de ce système que reposait la plaque vibrante munie de son aiguille. Les choses étant ainsi disposées, si l'on venait à



L'AIGUILLE VÉGÉTALE DONT EST MUNI LE DIAPHRAGME REND L'AUDITION PLUS HARMONIEUSE

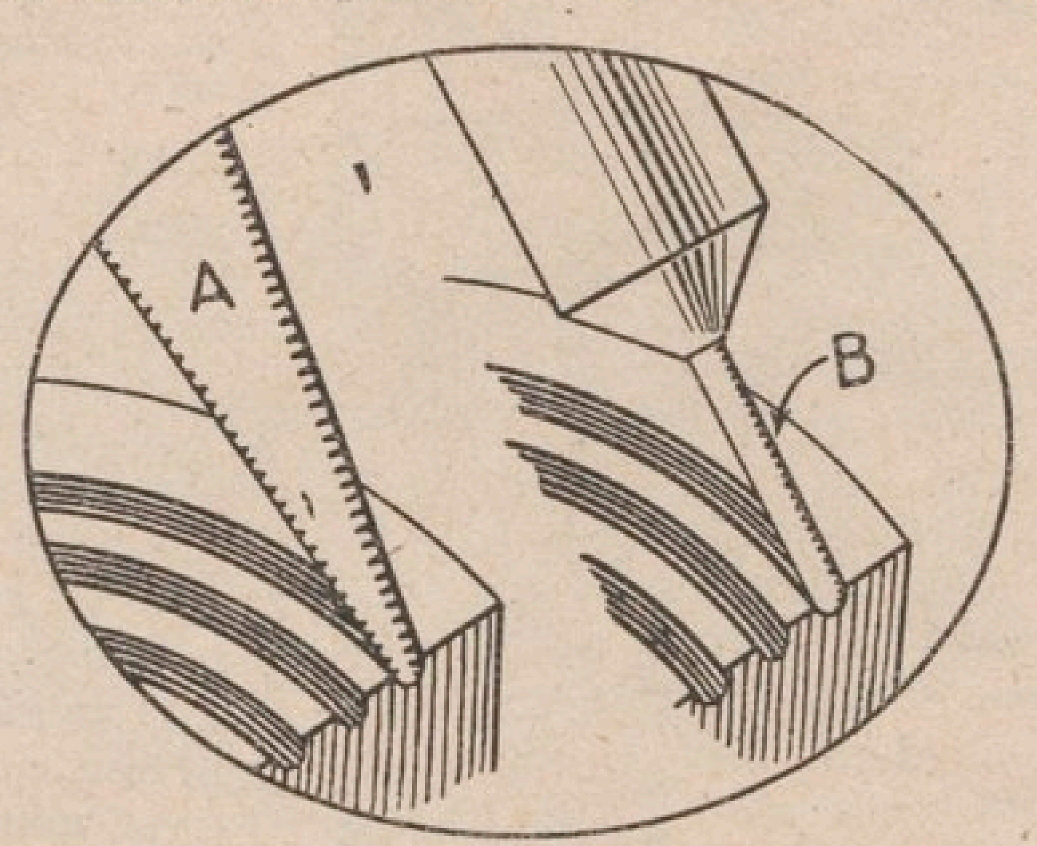
parler devant le cornet de l'appareil, le son se gravait sur la feuille de métal et l'on n'avait, pour prolonger l'expérience, qu'à faire passer sur le plateau, en succession, un nombre suffisant de chariots. Puisque les règles mobiles sur lesquelles se trouvaient fixées les feuilles métalliques pouvaient être retirées des chariots qui les supportaient, il suffisait, pour leur faire reproduire les sons qu'elles avaient enregistrés, de les replacer dans l'appareil et l'on pouvait ainsi garder indéfiniment trace d'un enregistrement donné. Le troisième desideratum se trouvait supprimé par la substitution de feuilles de cuivre et même d'argent au papier d'étain, car ces feuilles donnaient aux inscriptions enregistrées une inaltérabilité et une sonorité remarquables.

Si ingénieuses que fussent les modifications apportées par Gamard à l'appareil d'Edison, il n'en resta rien, car le cylindre de cire creux et amovible vint d'une manière plus simple et, partant, plus pratique, résoudre les desiderata signalés plus haut et fit faire un grand pas au phonographe.

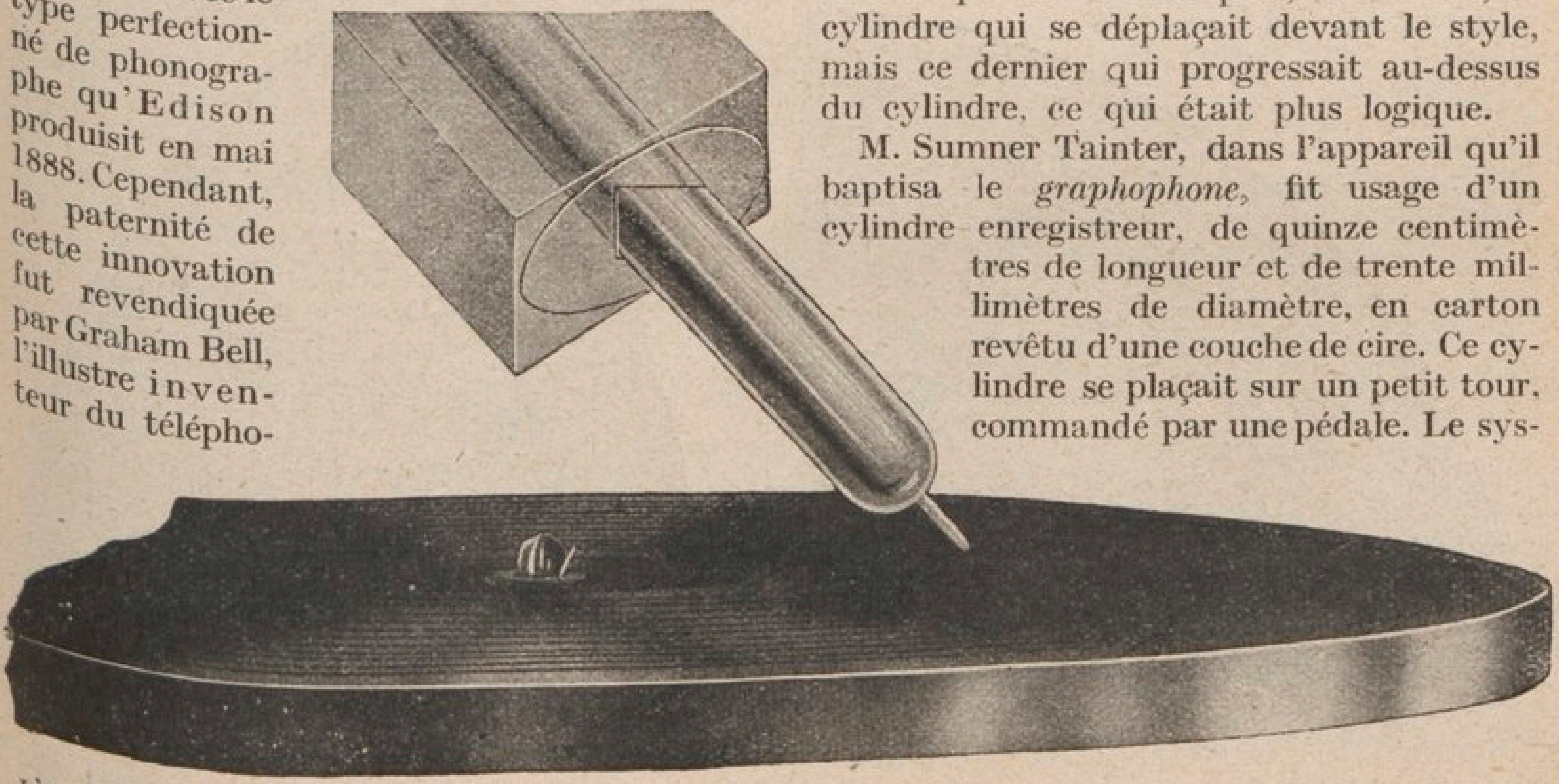
Le cylindre de cire apparut pour la première fois avec le type perfectionné de phonographe qu'Edison produisit en mai 1888. Cependant, la paternité de cette innovation fut revendiquée par Graham Bell, l'illustre inventeur du téléphone, et aussi par Tainter, l'inventeur du *graphophone*, dont nous parlerons plus loin.

Le nouvel appareil d'Edison était un peu compliqué, mais il reproduisait les inflexions de la parole, les intonations et les modulations du chant et de la musique sensiblement mieux que l'appareil primitif. Par contre, il fallait mettre à l'oreille deux tuyaux acoustiques, terminés, chacun par une petite ampoule de verre, ce qui était un pas en arrière puisque l'audition cessait d'être directe et générale. Il est vrai qu'Edison s'était aperçu que les vibrations propres du cornet ou pavillon étaient une des causes, et non des moindres, de l'altération des sons accusée par le phonographe ; cet inconvénient était presque entièrement éliminé dans les tuyaux acoustiques, d'où la raison de leur emploi. On pouvait, évidemment, embrancher plusieurs paires de ces tuyaux sur le même tube relié au reproducteur, mais plus le nombre des auditeurs était grand, moins bien on entendait. Nous ne décrirons pas l'appareil que M. Edison produisit en 1888, car cela nous entraînerait trop loin, mais nous signalerons que ce n'était plus, cette fois, le cylindre qui se déplaçait devant le style, mais ce dernier qui progressait au-dessus du cylindre, ce qui était plus logique.

M. Sumner Tainter, dans l'appareil qu'il baptisa le *graphophone*, fit usage d'un cylindre enregistreur, de quinze centimètres de longueur et de trente millimètres de diamètre, en carton revêtu d'une couche de cire. Ce cylindre se plaçait sur un petit tour, commandé par une pédale. Le sys-



NOUS VOYONS, EN *A* ET *B* RESPECTIVEMENT, LA POINTE D'UNE AIGUILLE ORDINAIRE ET CELLE D'UNE AIGUILLE CYLINDRIQUE CONSIDÉRABLEMENT GROSSIES. ON COMPREND QUE CETTE DERNIÈRE, A L'OPPOSÉ DE L'AUTRE, NE PEUT S'ÉMOUSSER EN S'USANT

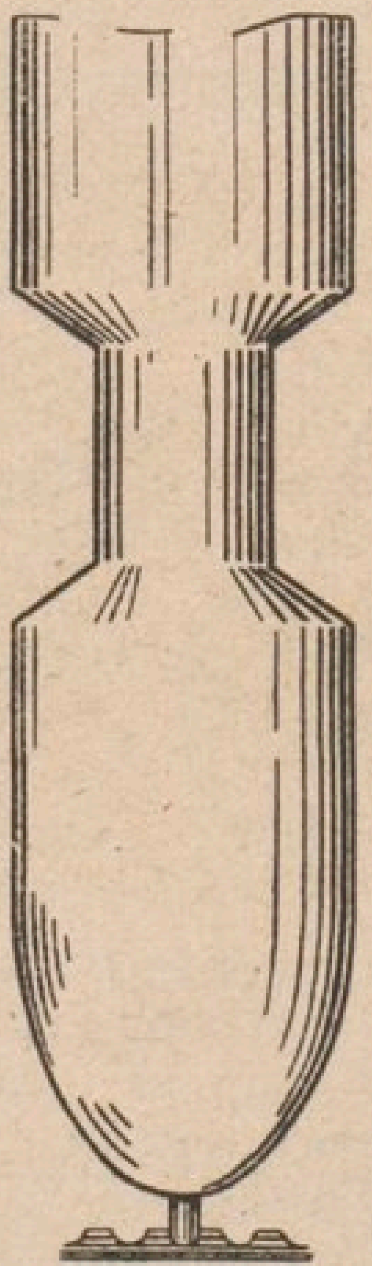


L'AIGUILLE A POINTE CYLINDRIQUE NE NÉCESSITE PAS D'ÊTRE CHANGÉE A CHAQUE AUDITION

tème enregistreur était constitué par un mince diaphragme en mica au centre duquel était fixée une pointe en acier. Le système reproducteur était identique, sauf que la pointe y était remplacée par une légère plume en acier. Les ondes sonores étaient conduites aux oreilles de l'auditeur par deux petits tubes en caoutchouc.

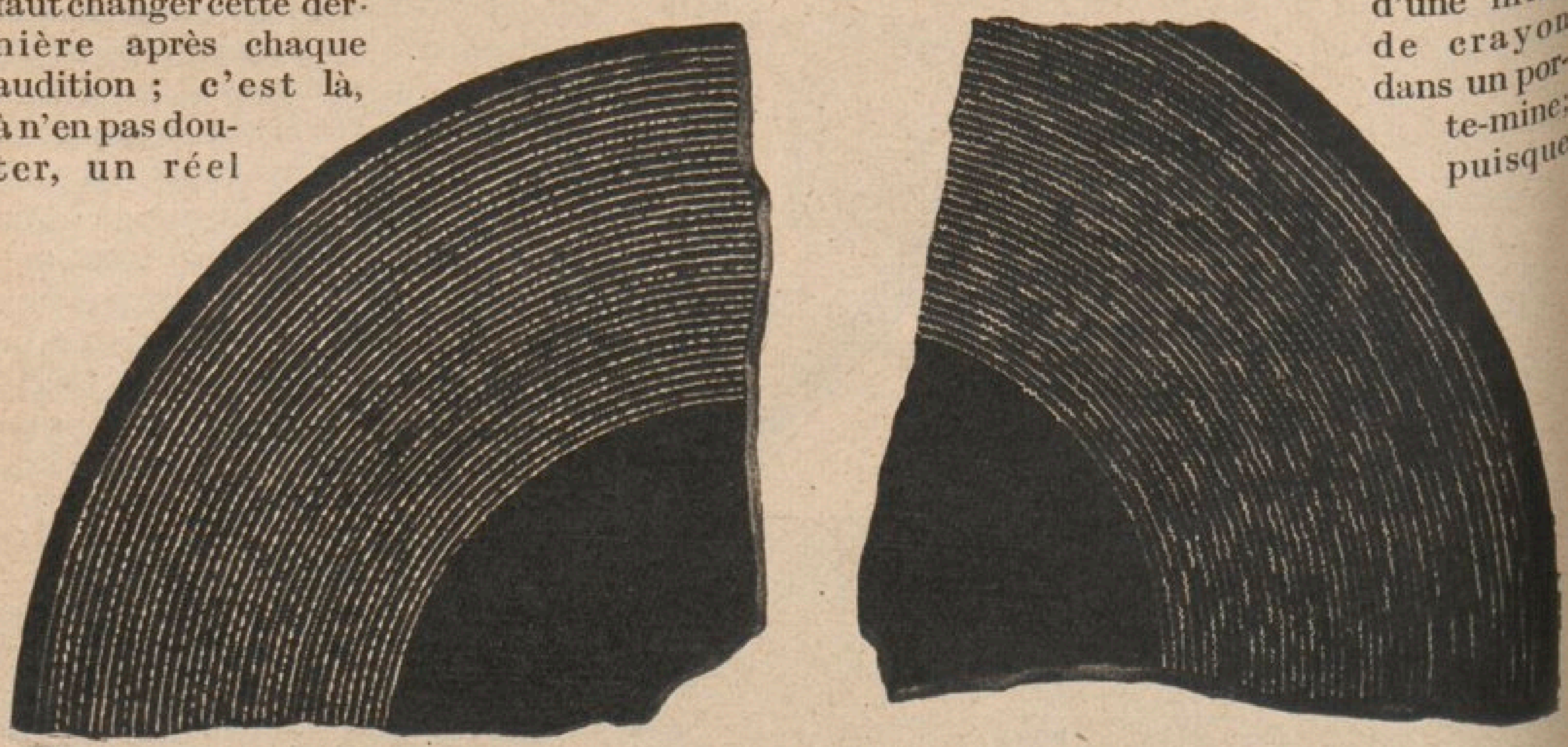
A partir du graphophone de Tainter, les perfectionnements vont se multiplier comme à plaisir.

Le style en acier fut d'abord presque universellement remplacé dans la reproduction par le saphir qui, par sa dureté, avait l'avantage de ne pas s'émousser aussi vite, et dont la pointe, moins aiguë que celle de l'aiguille, n'abîmait pas l'inscription dans la cire. Un revirement — est-il bien justifié ? — se produisit plus tard, et, aujourd'hui, certains fabricants utilisent à nouveau l'aiguille en acier pour la reproduction. L'aiguille, aussi bien que le saphir, grave et interprète les vibrations rapides et de faible amplitude des harmoniques émises en même temps que les sons fondamentaux ; sa pointe, longue, effilée et acérée, attaque la cire, non pas comme le saphir, en profondeur, à la façon d'un soc de charrue en miniature, mais latéralement, et pour ainsi dire en égratignant seulement la surface. Par contre, la pointe de l'aiguille la mieux trempée s'émousse si rapidement qu'il faut changer cette dernière après chaque audition ; c'est là, à n'en pas douter, un réel inconvénient. Il a « aiguillé », c'est vraiment le cas de le dire, les chercheurs vers un style qui eût l'avantage du saphir, c'est-à-dire d'être quasi permanent, tout en lui étant supérieur au point de vue qualité d'enregistrement et de reproduction.



STYLE A POINTE DE TUNGSTÈNE PERMETTANT DE JOUER DE 50 A 200 MORCEAUX

Tout récemment, une maison américaine a adopté une aiguille en acier argenté, dont la pointe est cylindrique et non conique, comme celle des aiguilles ordinaires ; c'est une aiguille terminée, en somme, par un fil rigide ; ainsi la pointe en contact avec la cire ne s'émousse pas en s'usant ; la même aiguille peut servir pour plusieurs auditions ; elle devient semi-permanente. Mais une maison française a fait encore mieux ; elle est parvenue, en effet, tout récemment, à produire un style métallique qui peut être utilisé pour jouer de cinquante à deux cents disques (sa durée est, évidemment, un facteur du diamètre du disque et de la nature de l'enregistrement). Ce style est en tungstène, un métal qui, entre autres propriétés intéressantes, présente cette particularité d'être pratiquement inusable. Ainsi le style en tungstène vaut le saphir sous le rapport de l'usage ; il est même supérieur à ce dernier, qui s'émousse plus vite qu'on ne le pense généralement. Le style en question est constitué par un fil extrêmement ténu, serti dans une gaine en acier à la façon d'une mine de crayon dans un porte-mine ; puisque

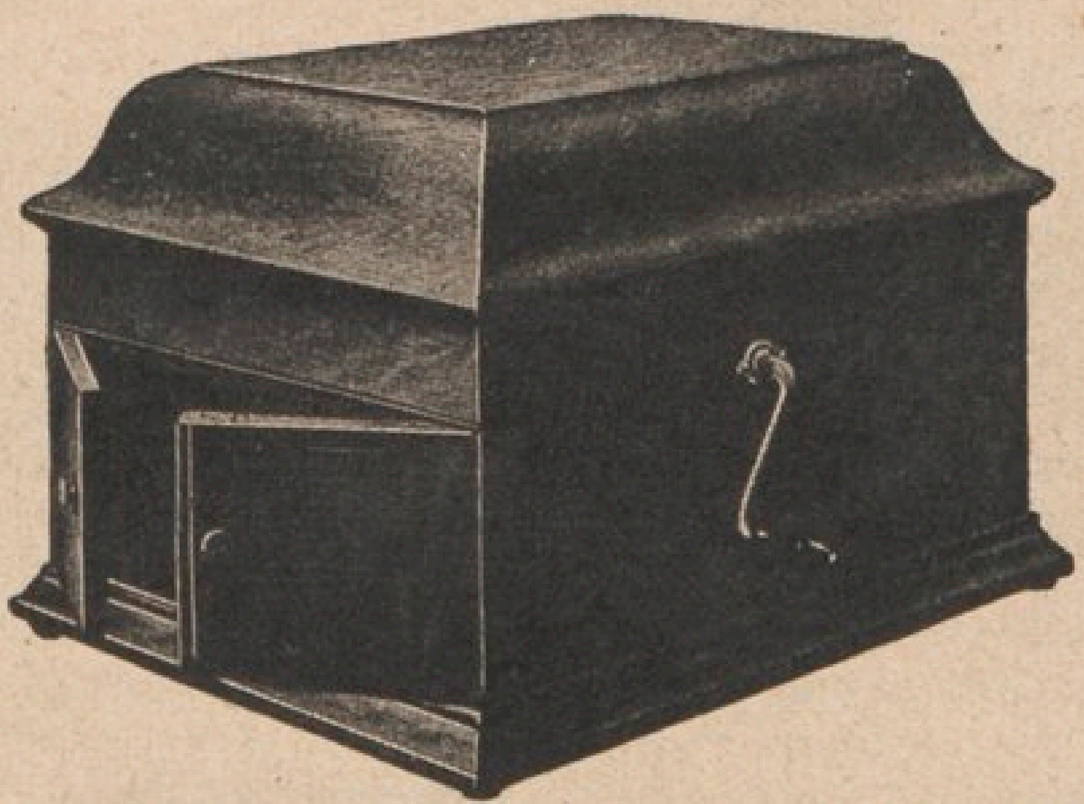


L'AIGUILLE, COMME LE SAPHIR, INTERPRÈTE LES VIBRATIONS DE FAIBLE AMPLITUDE

L'aiguille d'acier attaque la cire superficiellement et latéralement (disque de droite) tandis que le saphir la travaille en profondeur à la façon d'un burin (disque de gauche).

c'est un fil, il est évident que sa section ne varie pas avec l'usure, laquelle ne peut produire qu'une diminution de longueur. Du fait que l'usure du fil est excessivement lente, on a pu ne le faire dépasser de sa gaine que de quelques dixièmes de millimètre, de sorte que, malgré sa finesse extrême (finesse qui augmente singulièrement ses qualités de reproduction) sa rigidité est très suffisante. Lorsque la partie du fil qui sort de la gaine est complètement usée, c'est l'extrémité de cette dernière qui est amenée à frotter sur le disque, mais, comme cette extrémité est parfaitement arrondie et polie, il ne peut en résulter aucun dommage pour le disque ; il y a simplement arrêt de l'audition et l'on est ainsi averti qu'il est temps de changer le style.

On fait, depuis peu de temps, usage d'aiguilles végétales en bambou ou autres roseaux (c'est-à-dire de végétaux dont les fibres sont rigoureusement parallèles) ou bien encore constituées par des épines du genre de celles qui naissent sur les bourgeons des plantes de la famille des *Cactées* (des aiguilles de cactus, par exemple). Ces aiguilles assourdissent l'émission sonore et la rendent plus harmonieuse ; en outre, elles ne rayent pas les disques et peuvent servir pendant longtemps ; certaines aiguilles végétales peuvent, d'ailleurs, être retaillées plusieurs fois.

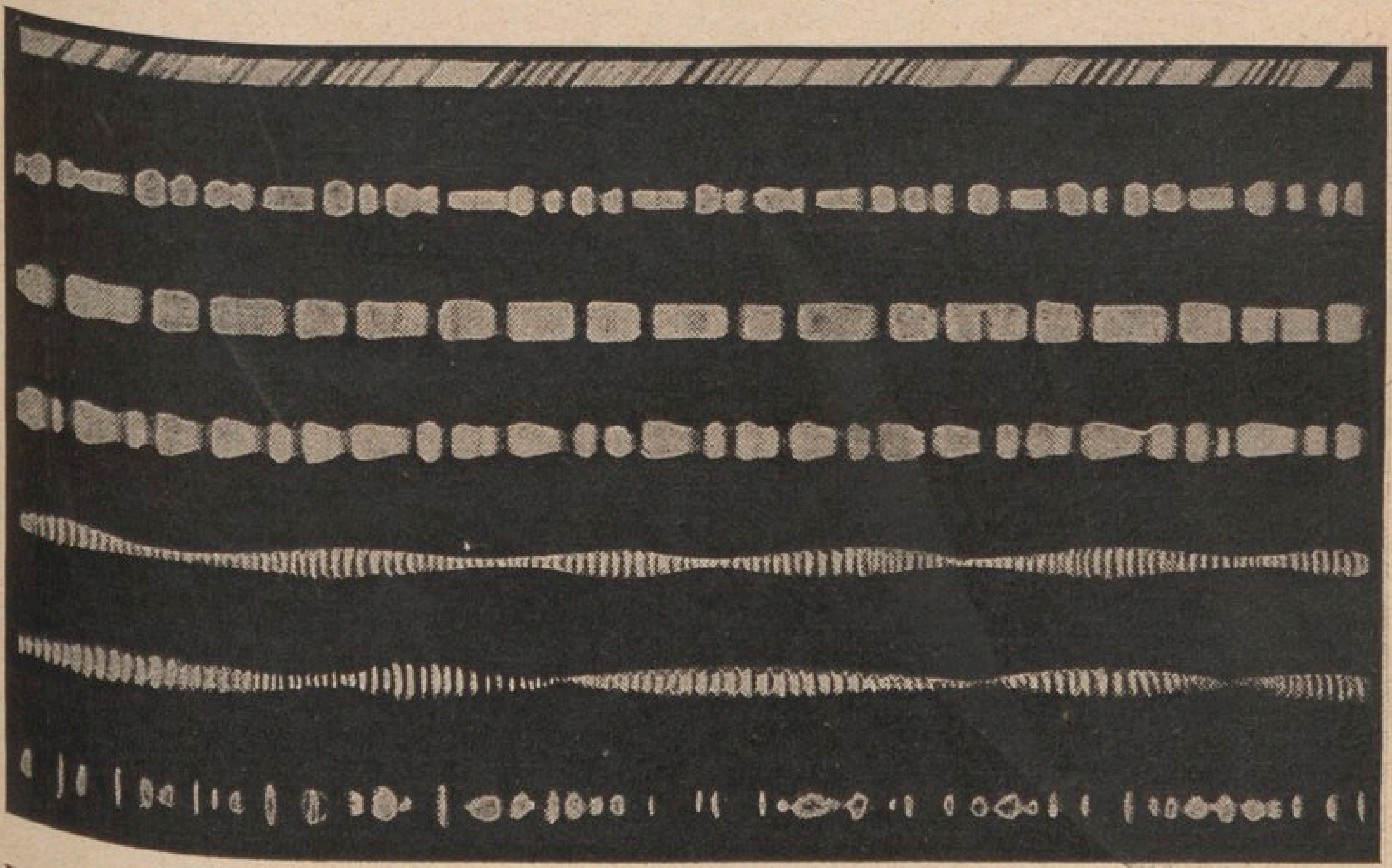


PETIT PHONOGRAPHE SANS PAVILLON

Peu esthétique, le pavillon qui donne lieu, en outre, à des vibrations parasitaires, tend à disparaître.

La substitution du disque au cylindre répond à deux fins : d'une part, le disque est beaucoup moins encombrant et permet de constituer de copieux répertoires sous des volumes relativement restreints ; d'autre part, à l'opposé du cylindre, le disque peut être impressionné sur ses deux faces. Néanmoins, pour l'enregistrement, certaines maisons, un très petit nombre il est vrai, se servent encore de cylindres, par routine, sans doute.

Il va de soi que disque ou cylindre, le *phonogramme* ne peut servir indéfiniment ni se prêter à de multiples rééditions. On ne peut davantage songer à effectuer pour chaque

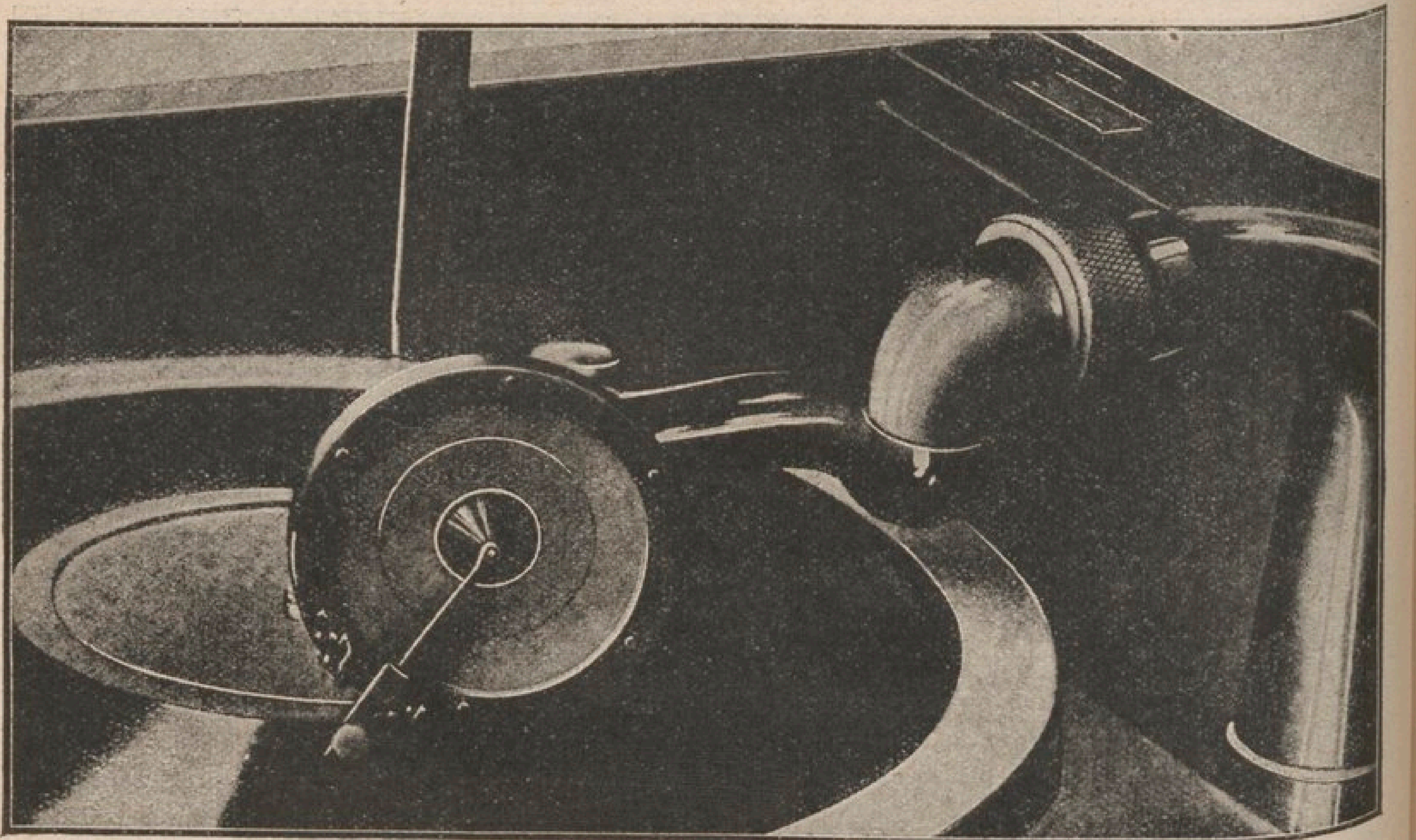


VUE, SOUS UN FORT GROSSISSEMENT, DE L'INSCRIPTION DANS LA CIRE DES VIBRATIONS SONORES

reproduction d'un même morceau, un enregistrement nouveau. Pour permettre de tirer un phonogramme à de nombreux exemplaires, il n'y avait, heureusement, qu'à recourir au procédé que l'on utilisait déjà pour reproduire, à un grand nombre d'exemplaires, un cliché typographique, c'est-à-dire à la galvanoplastie, qui est, on le sait, un procédé électro-chimique de métallisation. On tire donc du phonogramme original un « cliché acoustique », un *galvano*, obtenu par transport de cuivre sur le phonogramme, lequel, ainsi métallisé, devient une matrice métallique résistante qui, après nickelage, peut se conserver pour ainsi dire indéfiniment. Cette matrice est, évidemment, un cliché négatif dont il faut, par moulage, retirer un cliché positif ; c'est ce dernier qui, après métallisation également, constitue le cliché utile que l'on peut ensuite reproduire à autant d'exemplaires que l'on désire.

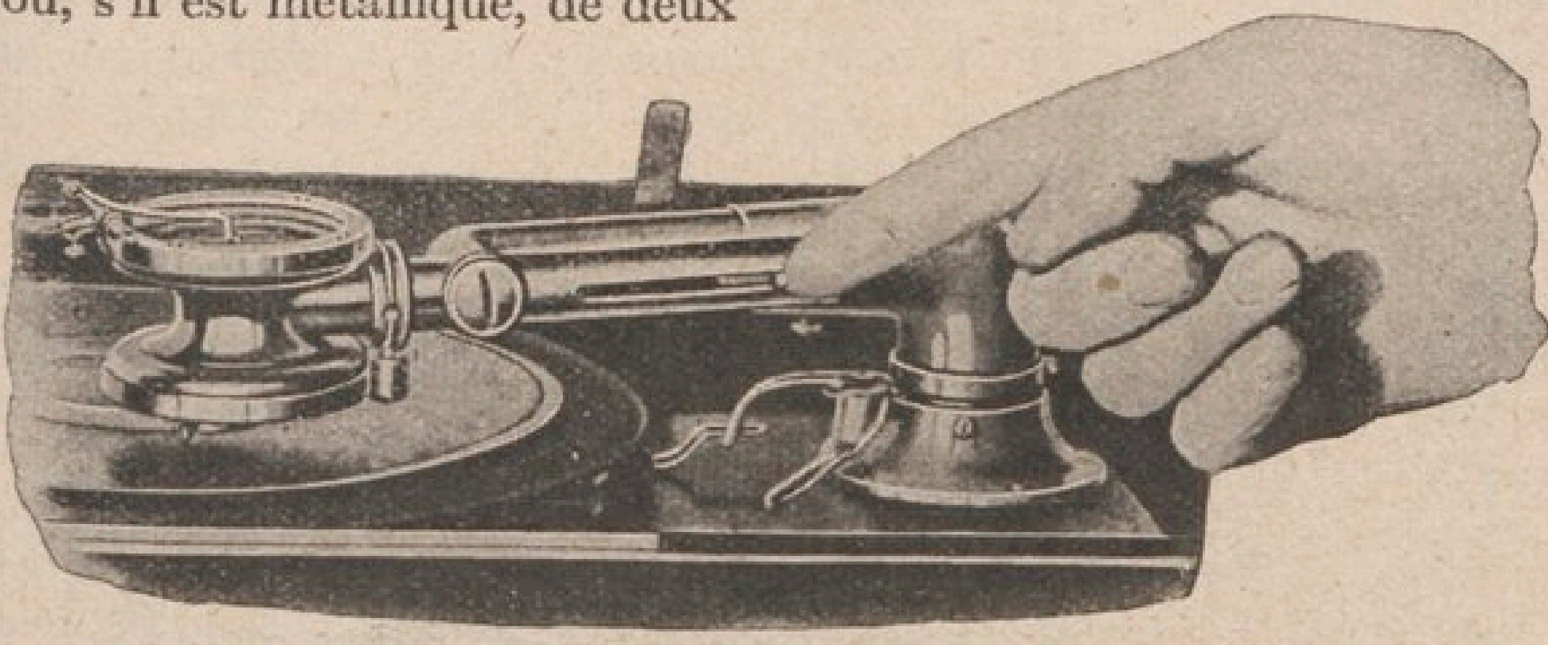
La pâte dont sont fabriqués les disques est un mélange de gomme laque, de poussière de coton, de sulfate de baryum et d'autres menus ingrédients dont le dosage, comme aussi la nature de ces derniers, sont tenus jalousement secrets par les fabricants. La pâte utilisée à la fabrication des cylindres n'est pas la même ; c'est une mixture de stéarine, de savon, d'oxydes de zinc et de plomb et aussi d'autres produits sur la nature et le dosage desquels les fabricants ne sont pas davantage prolixes. La cire des cylindres employés pour l'enregistrement est nécessairement beaucoup plus tendre que celle qui sert à la fabrication des cylindres reproducteurs. En tout cas, qu'il s'agisse de disques ou de cylindres, il importe que la pâte soit très homogène. Cylindres et disques ratés, détériorés ou cassés peuvent être fondus et contribuent à refaire de la matière neuve, d'où une sérieuse économie.

Le pavillon ou le cornet du phonographe qui, lors de l'enregistrement, sert à capter les sons, et, au moment de la reproduction, à les amplifier, a donné lieu à des recherches sans nombre ayant pour but de supprimer ou d'annuler les vibrations parasites qu'y engendrent les sons traversant cet organe. Ces vibrations propres du pavillon influent, en effet, très fâcheusement sur la fidélité d'enregistrement et de reproduction du phonographe. Pour obtenir un pavillon qui ne vibre pas, ou imperceptiblement, on a essayé, sans grand succès, toutes les matières imaginables et les plus disparates : cuivre, étain, plomb, verre, ébonite, celluloïd, ivoire, bois, carton, etc... Il est évident que certaines matières conviennent mieux que d'autres, mais celles qui conviennent le mieux sous ce rapport ont, la plupart du temps, l'inconvénient d'être très fragiles, de se déformer, de s'oxyder, etc... Or, pour le cornet enregistreur, passe encore, mais pour le pavillon reproducteur, vendu au client, il faut employer une matière solide et de bonne conser-

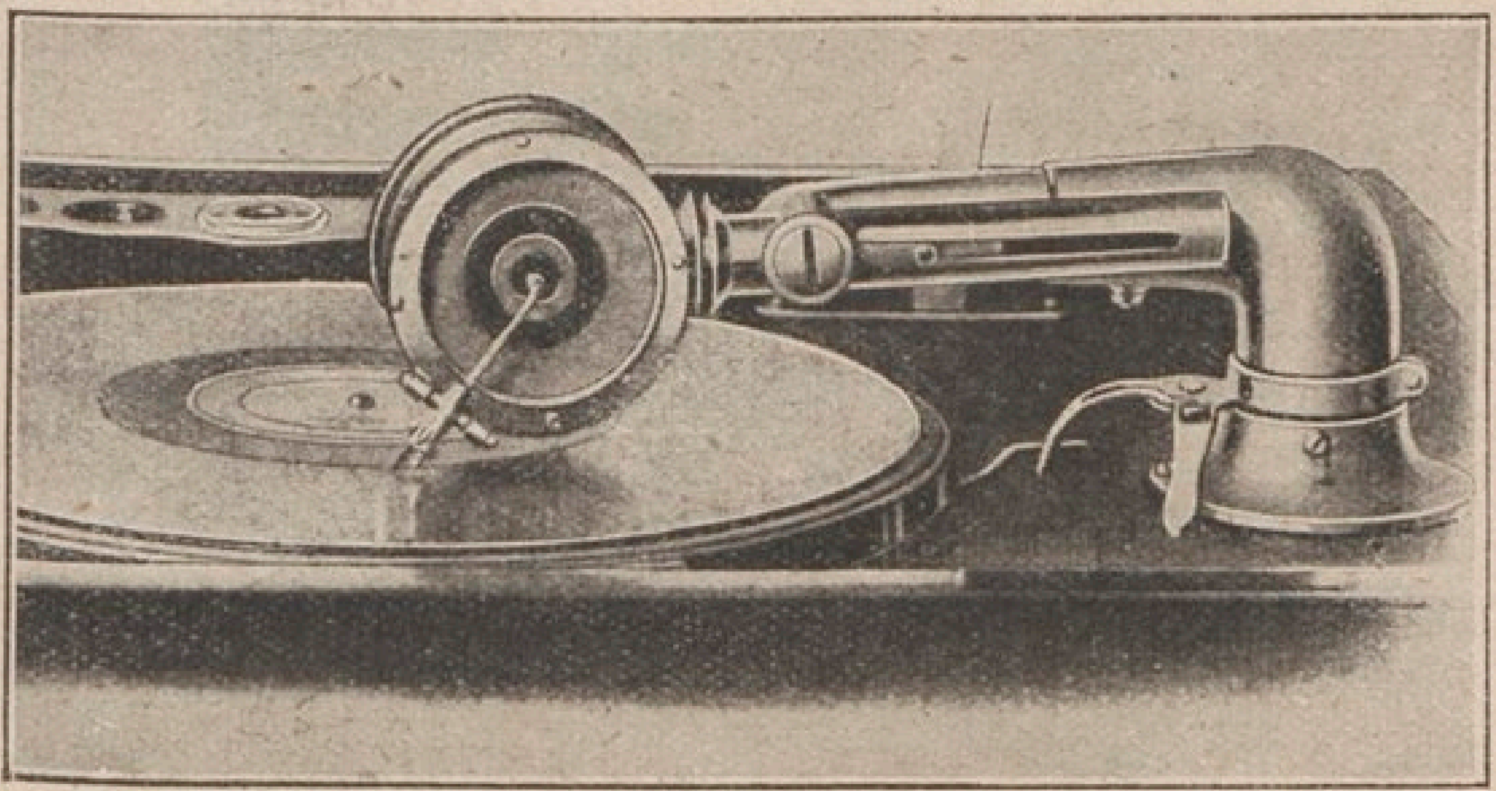


DIAPHRAGME EN SOIE UTILISÉ POUR ASSOURDIR L'AUDITION DES MORCEAUX D'ORCHESTRE

vation. Dans les appareils de construction soignée, dotés d'un pavillon amplificateur, celui-ci est fait le plus souvent en bois (chêne, acajou, etc.) ou, s'il est métallique, de deux métaux différents et toujours de plusieurs morceaux dont les vibrations, en se contrariant, finissent par s'annuler en grande partie ; ces morceaux sont souvent non seulement agrafés, mais encore soudés les uns aux autres. Il n'y a plus guère, d'ailleurs, que les phonographes bon marché qui soient encore munis du pavillon d'audition, à l'exception, cependant, des appareils spécialement construits pour une portée exceptionnelle, tels que ceux qui sont employés dans les salles de café, les cinématographes, etc... Les appareils de prix sont, eux, pourvus de boîtes de résonance en bois ; ils se présentent sous la forme d'un meuble genre commode, muni d'un couvercle qui se ferme au-dessus du plateau d'entraînement des disques. Les sons sont conduits par un bras creux, coudé, de l'appareil reproducteur à la boîte de résonance qui, disposée sous le mécanisme, peut épouser les formes les plus variées ou jugées par les constructeurs comme les mieux appropriées. Au-dessous de cette boîte, est installé le casier, où l'on conserve, dans des albums *ad hoc*, les disques du répertoire.

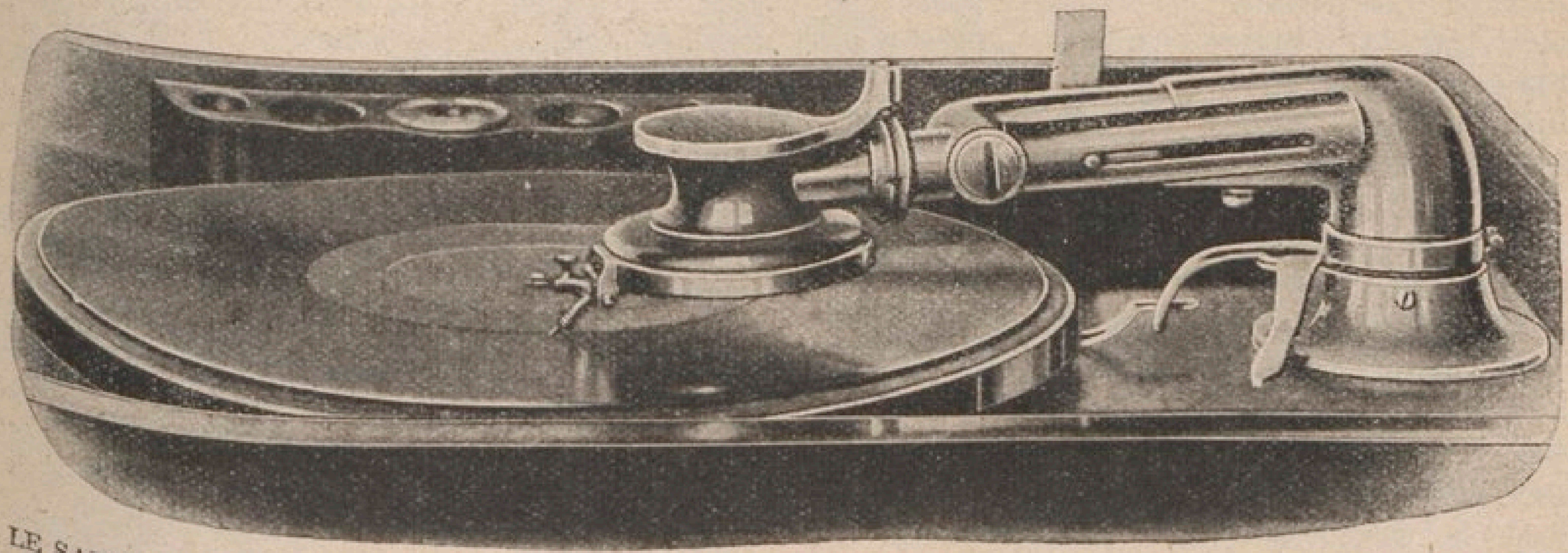


EN DÉPLAÇANT UN CONTREPOIDS RENFERMÉ DANS LE BRAS COUDÉ, ON PEUT FAIRE VARIER L'INTENSITÉ DE L'AUDITION



SI LE REPRODUCTEUR EST PLACÉ SUR LE CÔTÉ C'EST L'AIGUILLE DU PORTE-STYLE A DEUX BRANCHES QUI ATTAQUE LE DISQUE

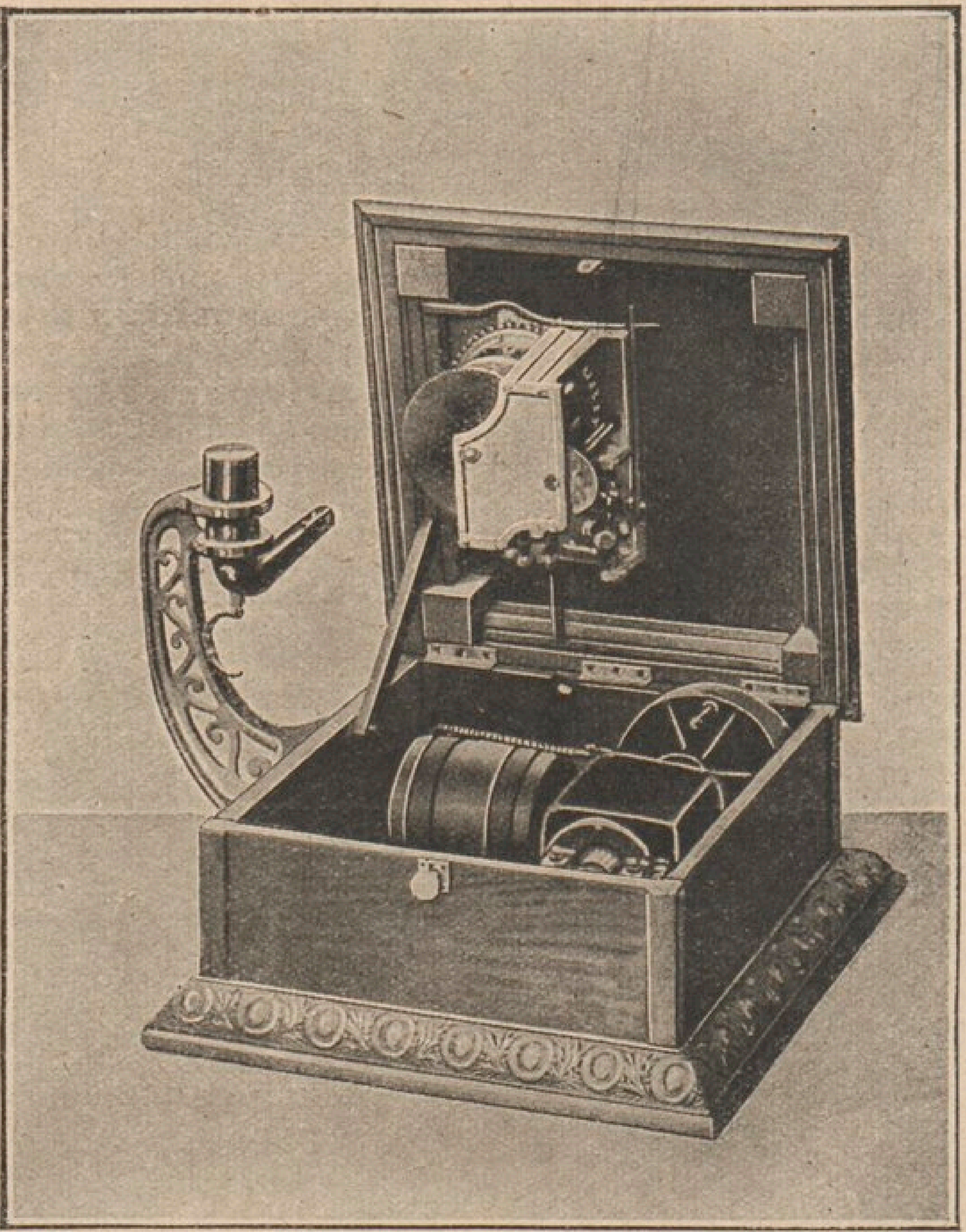
L'appareil reproducteur est constitué, généralement, par une petite boîte sonore dans laquelle est sertie, au moyen d'une bague de caoutchouc, une plaque vibrante en cristal, en mica ou en tissu. Au centre de cette plaque est collé, à la sécotine ou à la gomme laque, un fil



LE SAPHIR DE L'AUTRE BRANCHE ENTRE EN JEU SI L'ON RETOURNE COMPLÈTEMENT LE REPRODUCTEUR, LEQUEL EST, ON LE VOIT, MUNI DE DEUX DIAPHRAGMES ET DE TROIS STYLES

métallique relié au porte-aiguille (et, dans ce cas, ledit fil forme le prolongement de l'aiguille) ou bien au porte-saphir.

On a longtemps cherché, et l'on cherche encore, à remplacer le reproducteur à diaphragme par un instrument qui ne soit pas, comme lui, le siège de vibrations induites. Ce sont, en effet, les bruits parasitaires engendrés par toutes ces vibrations intempestives du style, de la plaque vibrante, du bras creux et du pavillon ou de la boîte à résonance, qui altèrent encore les qualités d'enregistrement et de reproduction des phonographes les plus perfectionnés. D'autre part, il est évident que la plaque vibrante répond mieux à certaines vibrations qu'à d'autres. On ne saurait admettre, en effet, que le diaphragme puisse reproduire, avec la même facilité, tous les timbres et inflexions de la voix parlée ou chantée, comme, en même temps, tous les timbres, tons et toutes les modulations des instruments de musique. Cela est tellement vrai que la plupart des fabricants recommandent aujourd'hui à leurs clients d'acheter un reproducteur supplémentaire, d'un diamètre plus grand et dont le diaphragme est généralement en tissu de soie fortement tendu, pour les auditions des chœurs et morceaux d'orchestration.



LE SOCLE DE L'APPAREIL RENFERME UNE VÉRITABLE USINE

Outre le mécanisme propre de l'entraînement des disques, nous y voyons, en effet, un groupe compresseur électrique. Il sert à alimenter d'air comprimé le reproducteur spécial dont est muni ce phonographe et que représente le schéma de la page suivante.

Un autre fabricant munit ses appareils d'un reproducteur dont la boîte de résonance comporte deux diaphragmes ; l'un est relié par son centre à un porte-style à deux branches, dont l'une reçoit une aiguille et l'autre un saphir. Suivant que l'on place le reproducteur horizontalement ou sur le côté, l'un ou l'autre de ces styles est amené au contact du disque. Le second diaphragme se trouve sur la face opposée du reproducteur, lequel doit donc être retourné complètement pour que ce soit la pointe de diamant constituant le troisième style qui entre en jeu (cette pointe est placée près du centre de ce second diaphragme). Grâce à ce dispositif, on peut jouer un disque de n'importe quelle marque sans rien changer au reproducteur. Par ailleurs, le bras creux coudé renferme un contrepoids que l'on peut à volonté déplacer, c'est-à-dire éloigner ou rapprocher du reproducteur ; on donne ainsi à ce dernier plus ou moins de poids, ce qui revient à faire varier la pression avec laquelle le style appuie sur la cire, et, par conséquent, l'intensité de l'audition. Ce réglage permet aussi de mettre en valeur les tons les plus subtils, ceux qui font la richesse d'un morceau joué ou chanté très doux.

Une compagnie américaine étudie depuis

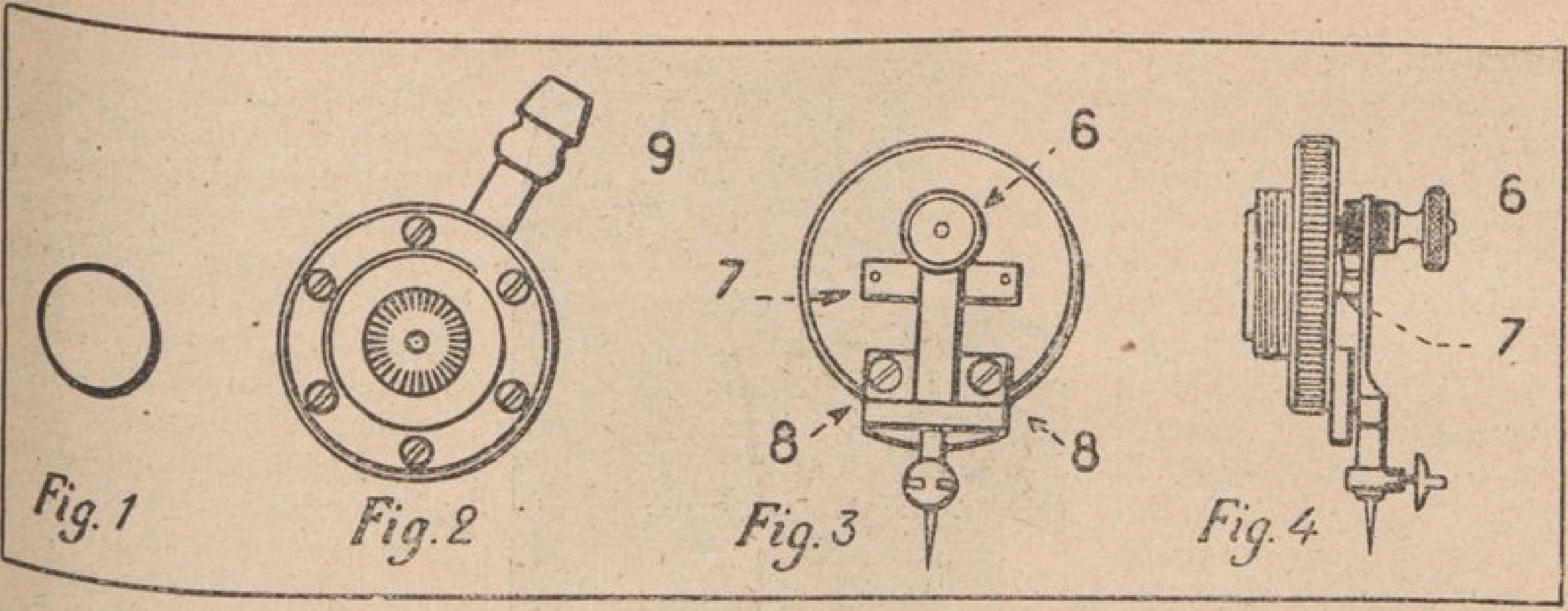


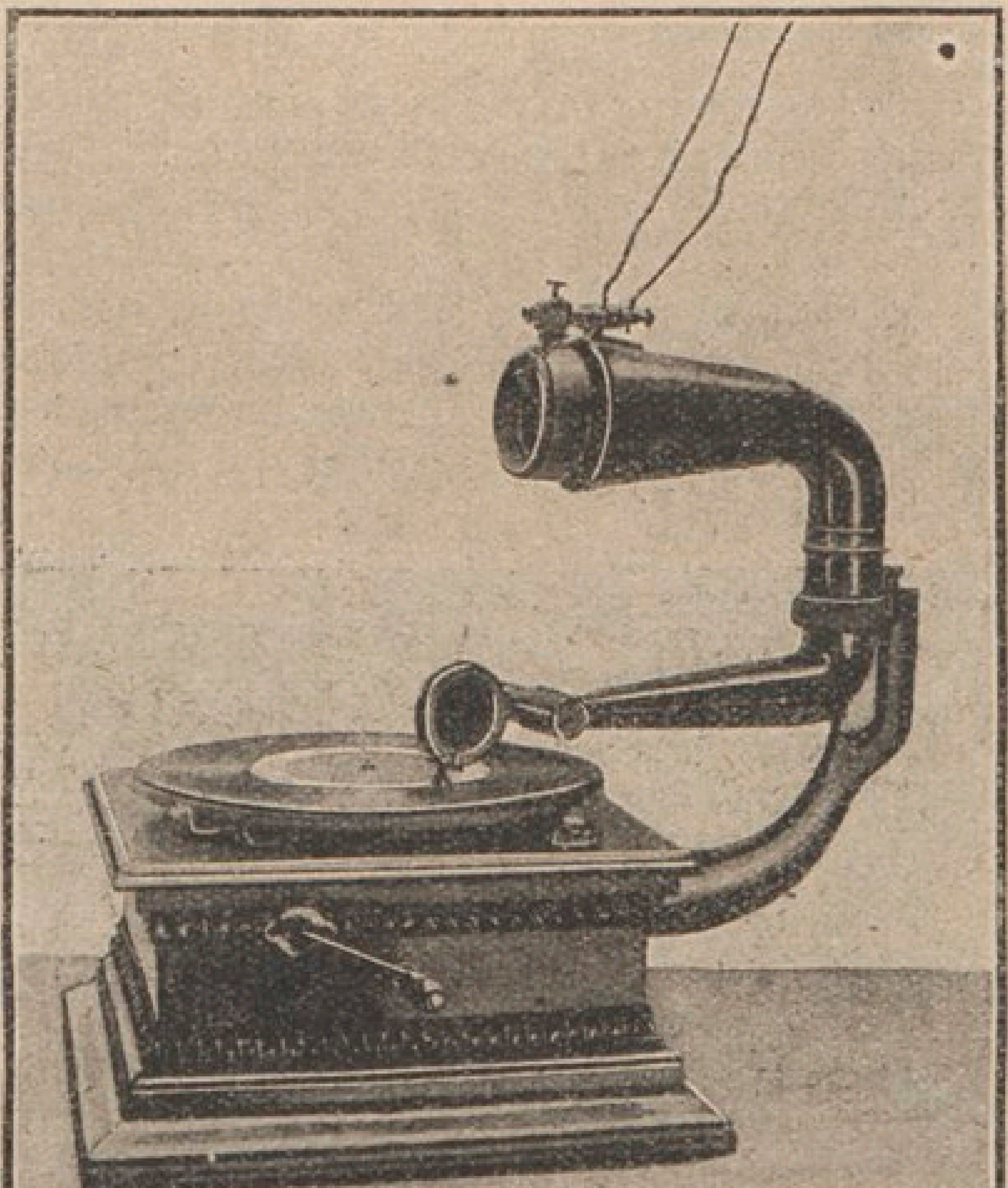
DIAGRAMME MONTRANT LA CONSTRUCTION DU REPRODUCTEUR A AIR COMPRIMÉ

Ce reproducteur se compose essentiellement d'une soupape d'air (fig. 2, 3 et 4) et d'une rondelle de papier (fig. 1). L'air arrive sous la rondelle par le tuyau 9 et les fentes radiales visibles au centre de la figure 2. Le style communique ses vibrations à un clapet (6, 7, 8) qui les transmet à son tour à la rondelle de papier par le jeu des variations de pression imparties à l'air amené à s'échapper par la soupape.

quelque temps un phonographe dans lequel il n'y a plus ni pavillon, ni boîte de résonance. L'organe reproducteur est un cône aplati de grand diamètre, en papier parchemin, dont le sommet est relié au style ; les vibrations de ce cône ont une ampleur suffisante pour reproduire, sans qu'il soit besoin de les amplifier, tous les airs enregistrés.

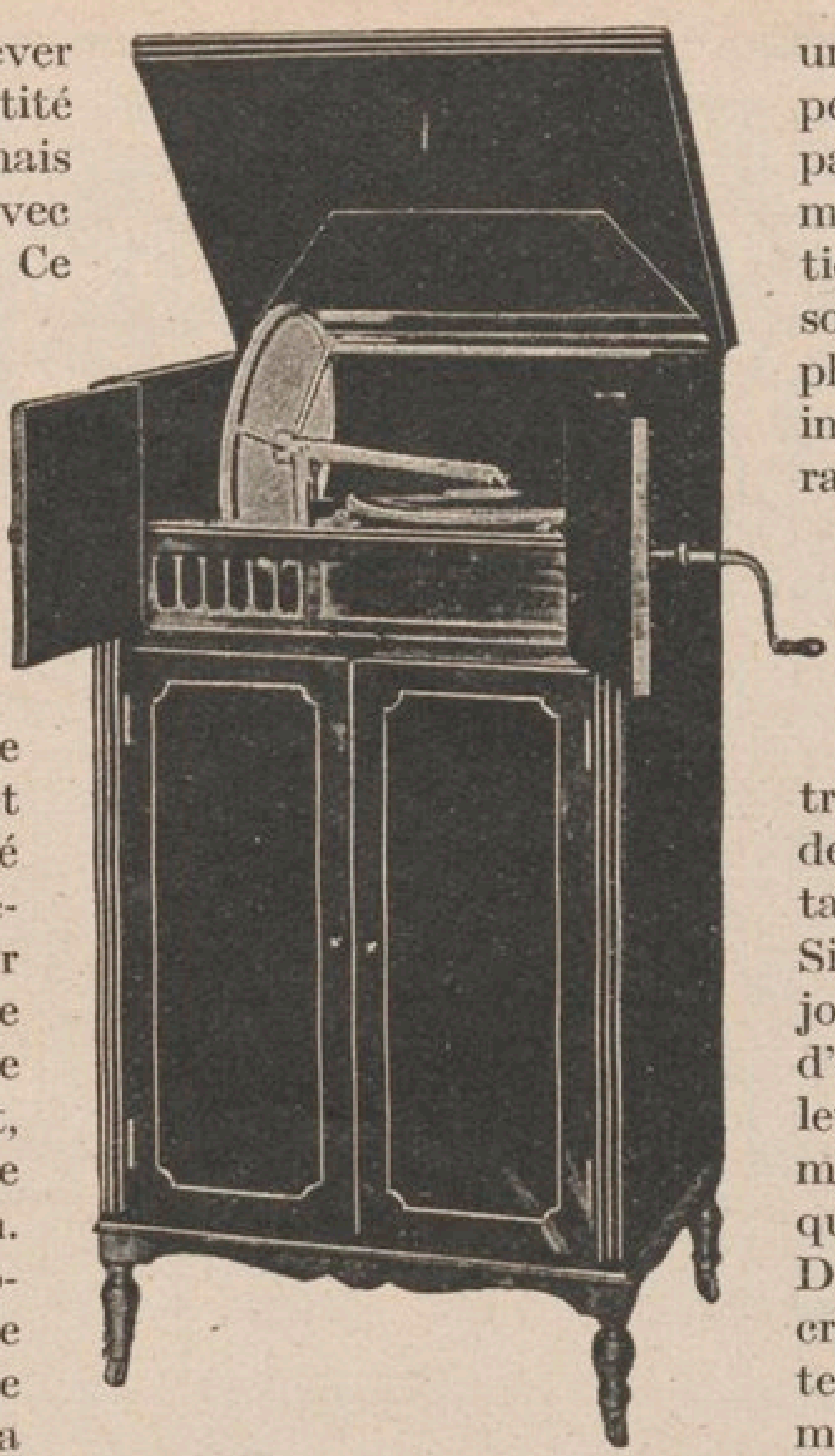
Si l'on s'en tient au diaphragme pour les phonographes d'appartement, il n'en est pas de même lorsqu'on veut que l'instrument se fasse entendre de loin. Amplifier le son n'est rien, mais encore faut-il que cela ne soit pas au détriment de la netteté. Or, utiliser un très grand diaphragme, c'est évidemment augmenter beaucoup le volume du son, mais c'est aussi multiplier les sons parasitaires au point de dénaturer complètement l'audition.

Pour remédier à cet inconvénient, les ingénieurs d'une maison française réputée conçurent, sur un principe tout différent, un reproducteur qui, sous une amplification considérable, conserve à la reproduction la netteté que l'on reconnaît aux appareils d'appartement. Ce reproducteur fonctionne à l'air comprimé ; il est constitué essentiellement par une soupape dans laquelle l'air débité par une petite pompe rotative qu'actionne un moteur électrique (ce groupe compresseur est logé, avec son réservoir, dans le socle du phonographe) entre par le fond et est amené à exercer sa pression sur les deux faces d'une rondelle de papier. Cette rondelle, grande deux fois comme un confetti, et ne pesant à peine qu'un centigramme, constitue la pièce vibrante. Elle est maintenue en place par un bouchon à vis percé d'une ouverture obturée par un petit clapet en aluminium garni de peau ; ce clapet étant directement relié au style, celui-ci lui communique les mouvements vibratoires qui lui sont impartis par les saillies et les creux du disque. Le clapet



TÉLÉMICROPHONOGRAPHE HAUT-PARLEUR POUR AUDITIONS MULTIPLES ET ÉLOIGNÉES

est ainsi amené à se soulever sur son siège d'une quantité toujours infinitésimale mais qui n'en varie pas moins avec l'amplitude des vibrations. Ce faisant, il permet à l'air de s'échapper en plus ou moins grande quantité par l'orifice qui le conduit au pavillon et, par conséquent, de faire vibrer la rondelle de papier à l'unisson des vibrations communiquées au style. Le degré d'adhérence du clapet sur son siège peut être varié au moyen d'une vis micrométrique; cela revient à régler le volume d'air qui s'échappe dans le pavillon à chaque soulèvement du clapet, et, par conséquent, pour chaque audition, l'intensité du son.



UN CONE DE PARCHEMIN REMPLACE ICI ET LE REPRODUCTEUR ET L'AMPLIFICATEUR

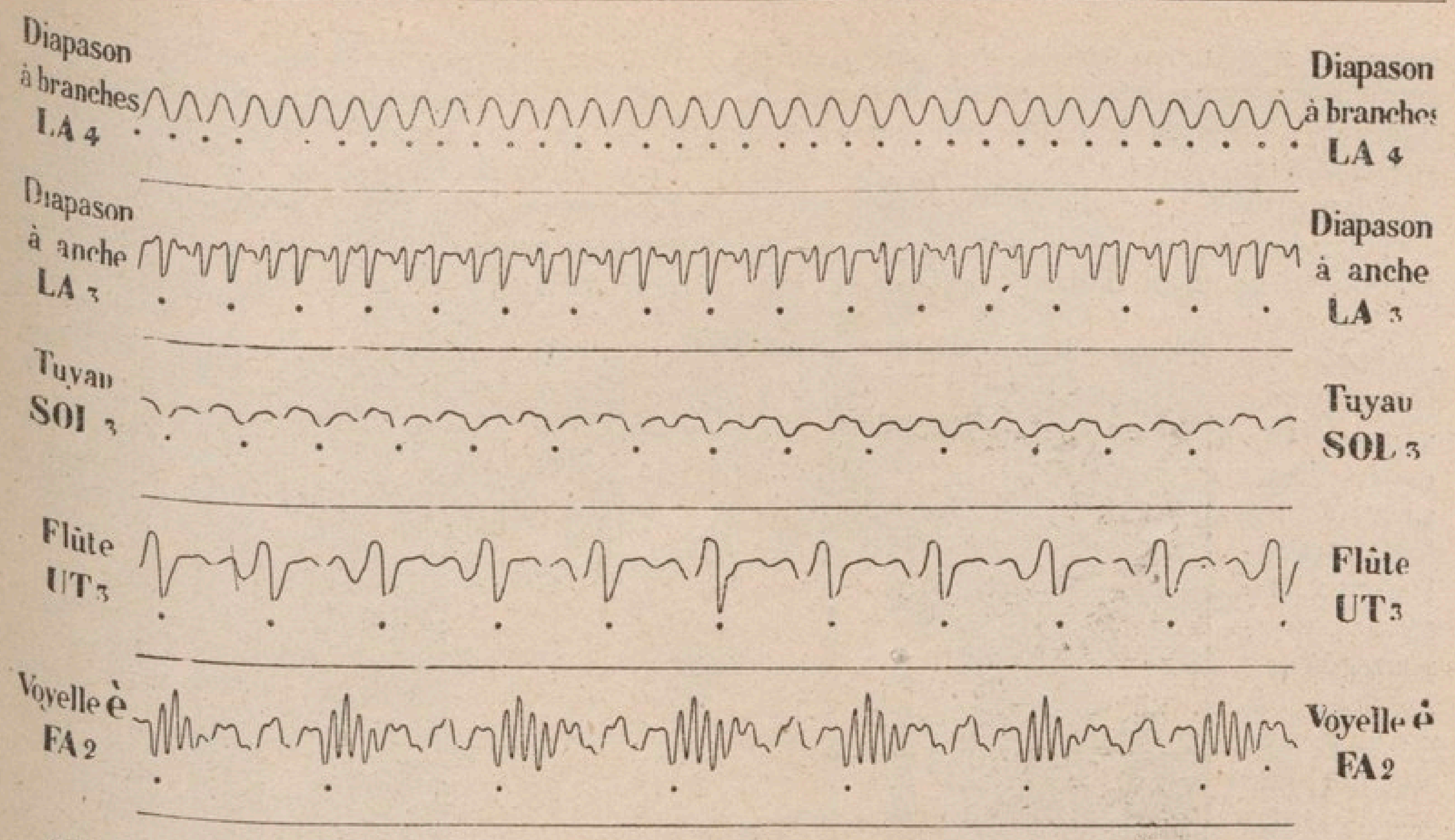
Dès l'apparition du phonographe, il vint à l'idée de transmettre par téléphone les sons enregistrés par la machine parlante, afin de multiplier les auditions sans augmenter le nombre des appareils et des cylindres. C'est là l'origine des appareils télémicrophonographiques qui ont pour fonction de transmettre à distance, à un ou plusieurs récepteurs téléphoniques, du type haut-parleur, la parole, le chant ou la musique, émis par une machine parlante quelconque.

Si l'on considère que le phonographe remplace, à lui seul, tous les instruments de musique considérés tant isolément que groupés et qu'il permet encore la reproduction du chant et de la parole, on s'étonnera de ne pas le trouver partout. Or, après avoir connu en France un succès général, on l'a vu, peu à peu, être abandonné par ceux qui s'en étaient montrés le plus épris. Cela tient, selon nous, à trois raisons : d'abord, le phonographe demeura longtemps très imparfait : les vibrations parasites auxquelles il donnait lieu et dont nous avons parlé, dénaturaient toutes les auditions et plus particulièrement la parole, le chant et les solos d'instruments à corde. On se lassa de son bruit nasillard et métallique, puis on le relégua. Si perfectionné que soit aujourd'hui le phonographe, d'aucuns prétendent, d'ailleurs, qu'on peut encore faire mieux, mais dans des voies qui devront être différentes. D'autre part, nous croyons volontiers tous artistes et préférons, à un appareil mécanique qui se dispense de notre concours, tapoter le piano ou racler de l'archet, au grand dam souvent de nos voisins et de nos auditeurs. Enfin, les phonographes modernes ne se prêtent plus, comme les premiers appareils, à l'enregistrement direct sur des cylindres vierges, ce qui est, à notre avis, très regrettable.

LES PHONOGRAPHES MODERNES SONT DES MEUBLES ARTISTIQUES QUE L'ON FABRIQUE EN TOUS STYLES

C'est, en effet, tout le contraire qu'on avait prévu à l'apparition du phonographe, comme en attestent les lignes suivantes écrites en 1877 par Henri de Parville, dans ses *Causeries scientifiques*:

« Le vieux portrait est là, immobile, dans son cadre vermoulu. Les yeux s'animent, les lèvres s'entr'ouvrent, la voix résonne comme autrefois ; l'ancêtre raconte



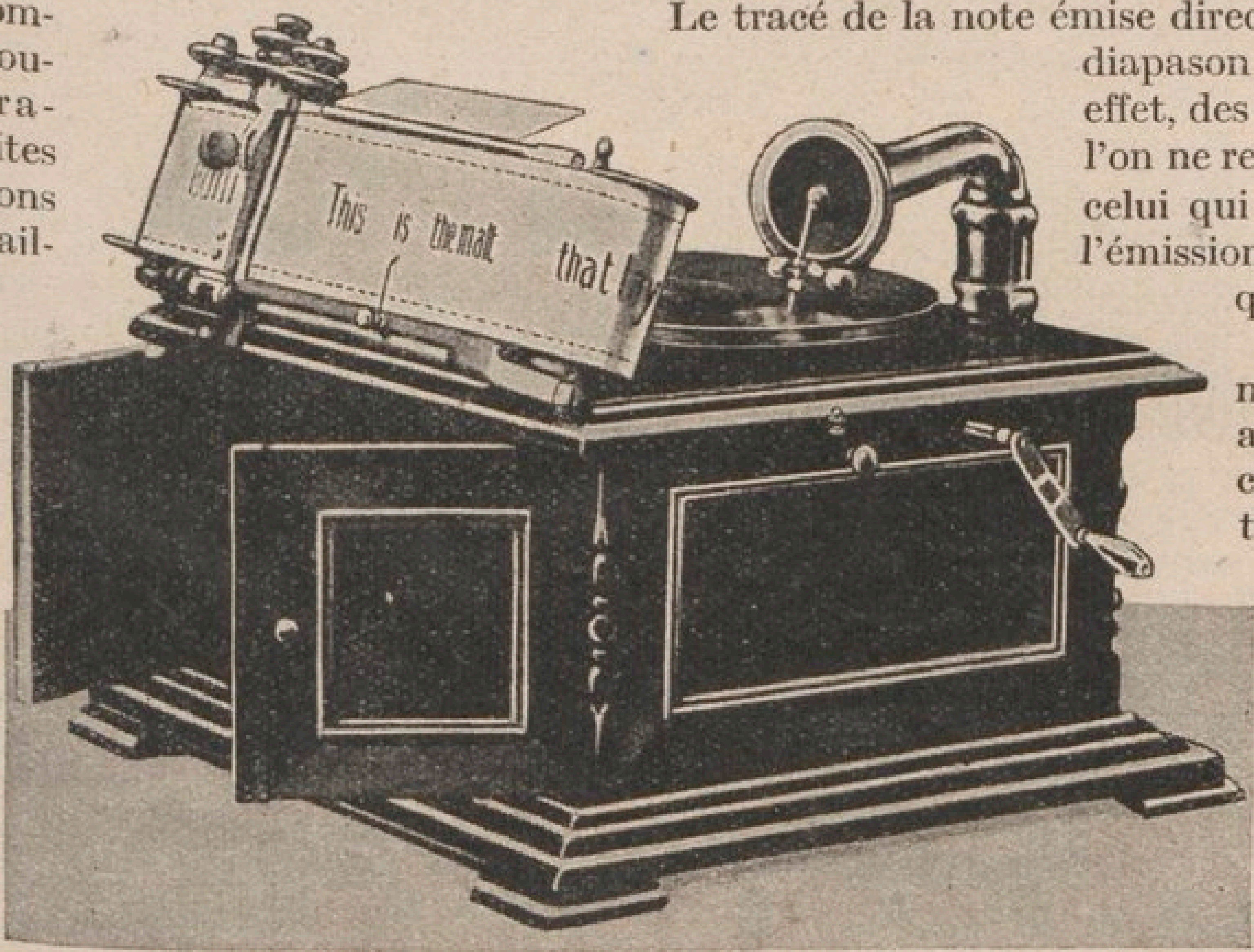
TRANSCRIPTION PAR LE RAYON LUMINEUX D'ENREGISTREMENTS PHONOGRAPHIQUES

Ces enregistrements étant littéralement photographiés, nous pouvons nous faire une idée très exacte de la forme et de l'allure générale de l'inscription des sons dans la cire.

encore des histoires à ses petits-enfants. Qui disait donc qu'il n'était plus? »

J'ai dit tout à l'heure que le phonographe actuel n'apparaissait pas à tout le monde, aux hommes de science surtout, comme la solution idéale du problème de l'enregistrement et, par conséquent, de la reproduction des sons. C'est, en effet, qu'il est matériellement impossible d'annuler complètement toutes les vibrations parasites dont nous avons parlé. Par ailleurs, en photographiant *simultanément* et sur la même bande de papier sensible, une note musicale émise, d'une part, par un diapason, et, d'autre part, par un disque phonographique sur lequel elle avait été enregistrée au préalable au moyen du même diapason, M. Henri Lioret, inventeur de procédés et appareils de transcription graphique et photographique des sons, a pu mettre en évidence, par la comparaison des deux transcriptions de la note, le défaut de sensibilité de la cire à l'enregistrement des vibrations de faible amplitude que constituent les harmoniques. Le tracé de la note émise directement par le diapason présente, en effet, des sinuosités que l'on ne retrouve pas sur celui qui correspond à l'émission phonographique de la note.

On n'a jamais cessé, pour ainsi dire, de chercher d'autres solutions au problème de la reproduction phonographique depuis l'apparition même de l'appareil d'Edison, et bien qu'il serait trop



APPAREIL POUR L'ENSEIGNEMENT DES LANGUES ÉTRANGÈRES

Le texte de la leçon se déplace en synchronisme avec l'audition.

long de décrire toutes les curiosités de laboratoire auxquelles ont donné lieu ces recherches, nous ne pouvons pas passer sous silence deux variétés de phonographes qui éveillèrent en leur temps de puissants intérêts scientifiques et d'où sortira peut-être un jour la solution idéale que l'on cherche.

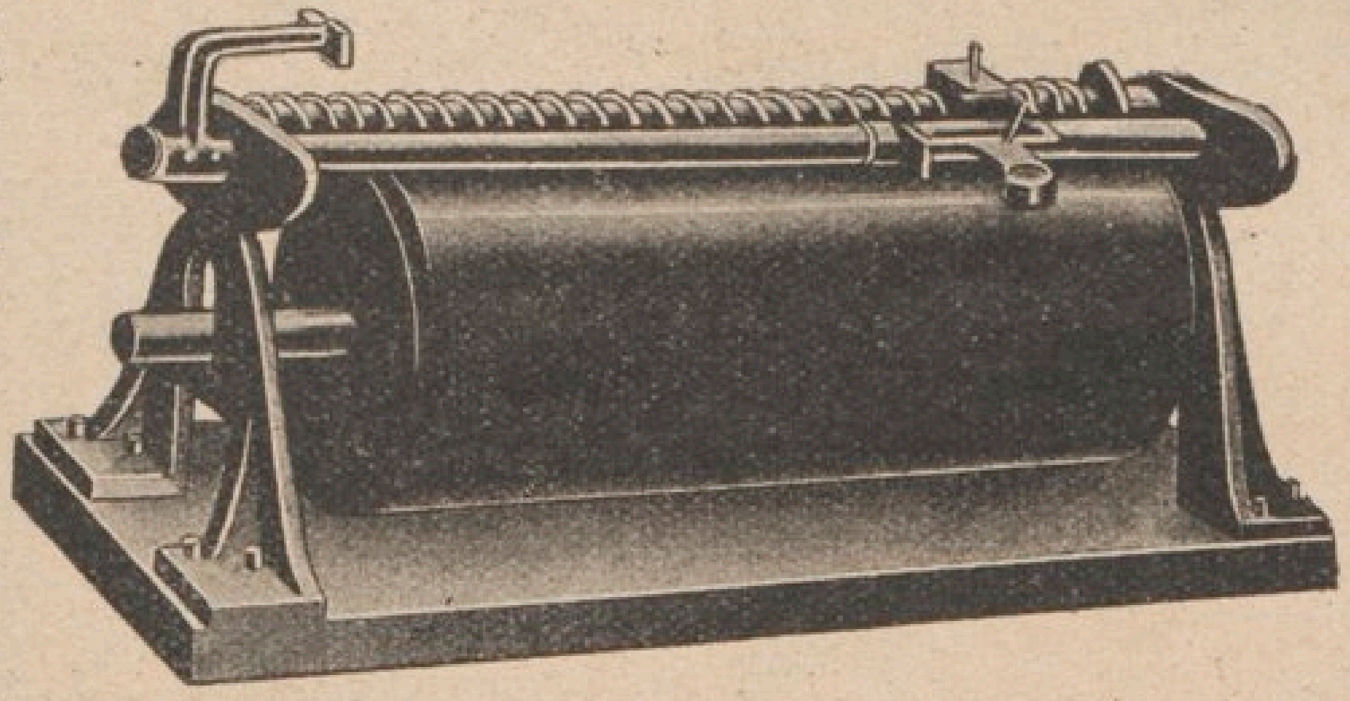
C'est, tout d'abord, le phonographe à lumière, imaginé par l'Allemand Ruhmer. Ce savant photographiait les sons sur une bande de papier sensible se déroulant à une vitesse uniforme, comme un film cinématographique. Dans cette photographie, au lieu de correspondre à des saillies et des creux plus ou moins accentués, gravés dans une surface plastique, les modulations du son se traduisaient par une altération plus ou moins intense du papier sensible. En projetant un rayon lumineux sur ce papier, celui-ci se laissait traverser par une quantité de lumière qui variait nécessairement avec le degré de transparence de l'inscription photographique ; cette lumière étant amenée à tomber sur une pile au sélénium (on sait que la résistance électrique du sélénium varie en raison inverse de son degré d'éclairement) intercalée dans un circuit téléphonique, le courant qui parcourait ce circuit changeait donc constamment d'intensité et reproduisait dans le microphone le son photographié.

EN DICTANT DANS UN PHONOGRAPHE ON EST CERTAIN QUE LE SECRÉTAIRE NE COMMETTRA PAS D'ERREURS D'INTERPRÉTATION

Le savant danois Poulsen, l'inventeur de l'arc chantant, imagina un appareil qu'il baptisa du nom de *Télégraphone*, basé sur un tout autre principe. Cet instrument était constitué par un minuscule électro-aimant devant lequel tournait une spirale d'acier enroulée sur un tambour. Sous l'influence des courants d'intensité variable engendrés par les vibrations sonores émises devant un téléphone ordinaire, intercalé dans le circuit de l'électro-aimant, celui-ci aimantait plus ou moins la portion de la spirale qui passait devant ses pôles. Chargée par induction d'un potentiel magnétique dont les variations correspondaient à celles qui avaient différencié les vibrations sonores, la spirale était susceptible de restituer ce potentiel (qu'elle conservait en vertu du phénomène baptisé de *magnétisme rémanent*) sous la même forme qu'elle l'avait reçu, rien qu'en tournant devant un microphone approprié.

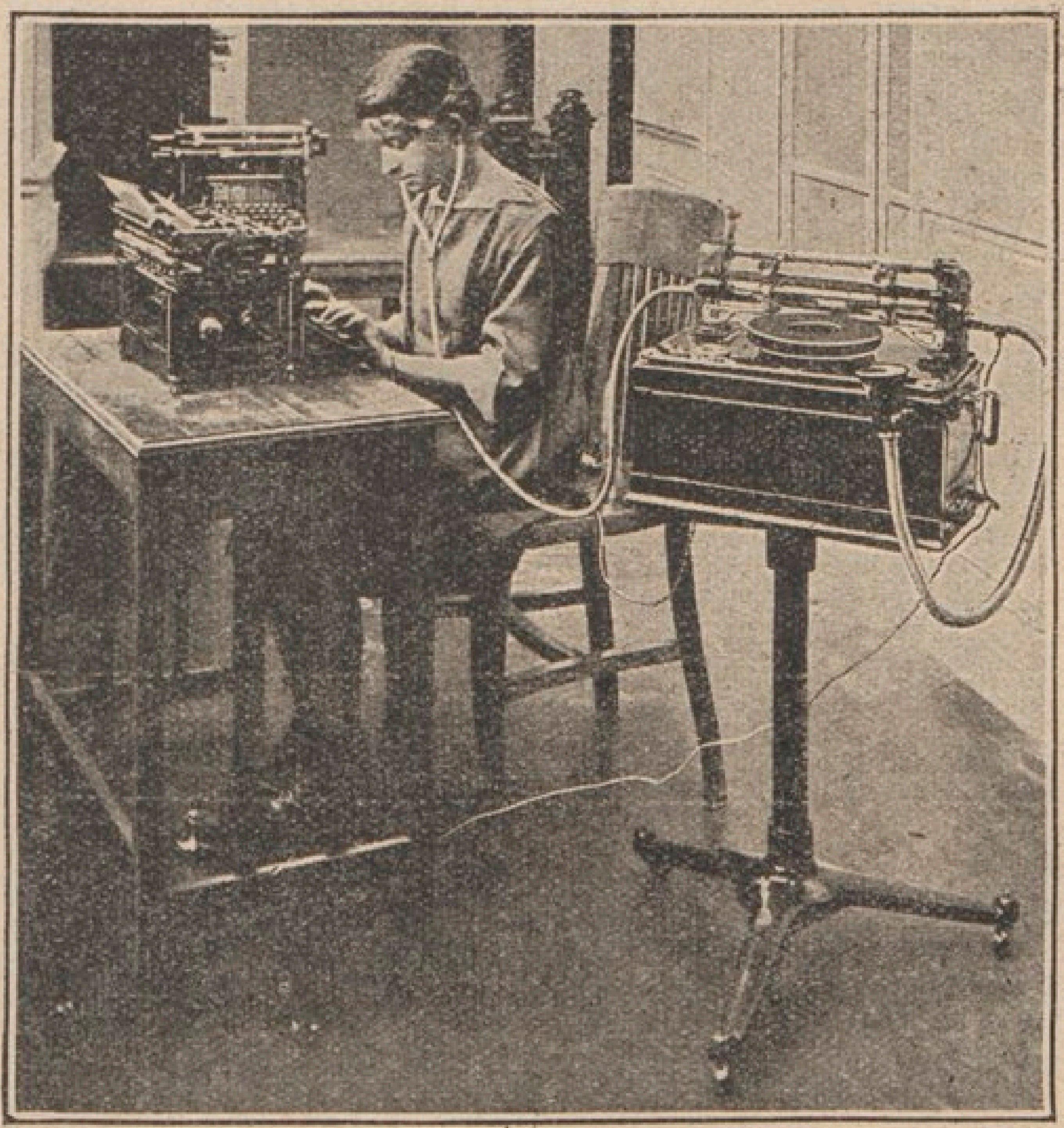
On avait cru pouvoir, dès l'apparition du phonographe et pendant les premières années qui suivirent, prophétiser qu'il deviendrait une sorte de panacée universelle

rien ne devait pouvoir être fait sans son intermédiaire. On le mit à quantité de sauces auxquelles il ne pouvait être accommodé, puis, petit à petit, il rentra dans son rôle. Le phonographe est et demeurera avant tout un instrument de récréation. Cependant, sa faculté d'emmagasiner en quelque sorte les sons et de les reproduire à volonté, autant de fois que l'on veut, le désignait tout spécialement pour faciliter, d'une part, les études de toute espèce, et, d'autre part, la dictée. Un effort a été tenté dans ce sens, mais il a été limité jusqu'ici à l'étude des langues étrangères. Enregistrée par le professeur, la leçon est répétée par le phonographe avec tous les détails de l'accent et de la prononciation, et, comme elle est également imprimée sur une bande de papier qui se déroule sous les yeux de l'élève attentif, celui-ci peut, en même temps, apprendre l'orthographe des mots et retenir le mode de construction des phrases qu'il entend prononcer devant lui.



PHONOGRAPHE MAGNÉTIQUE INVENTÉ PAR LE SAVANT DANOIS POULSEN ET BAPTISÉ TÉLÉGRAPHONE

Je ne vois pas pourquoi cette méthode extrêmement efficace ne serait pas généralisée à toutes les branches de l'enseignement, d'autant plus que le phonographe se prêterait encore mieux aux leçons où la prononciation et l'accent n'entreraient pas en jeu.



AU MOYEN DE TUBES ACOUSTIQUES, LA DACTYLOGRAPHE PREND LA DICTÉE ENREGISTRÉE PAR LE DISQUE

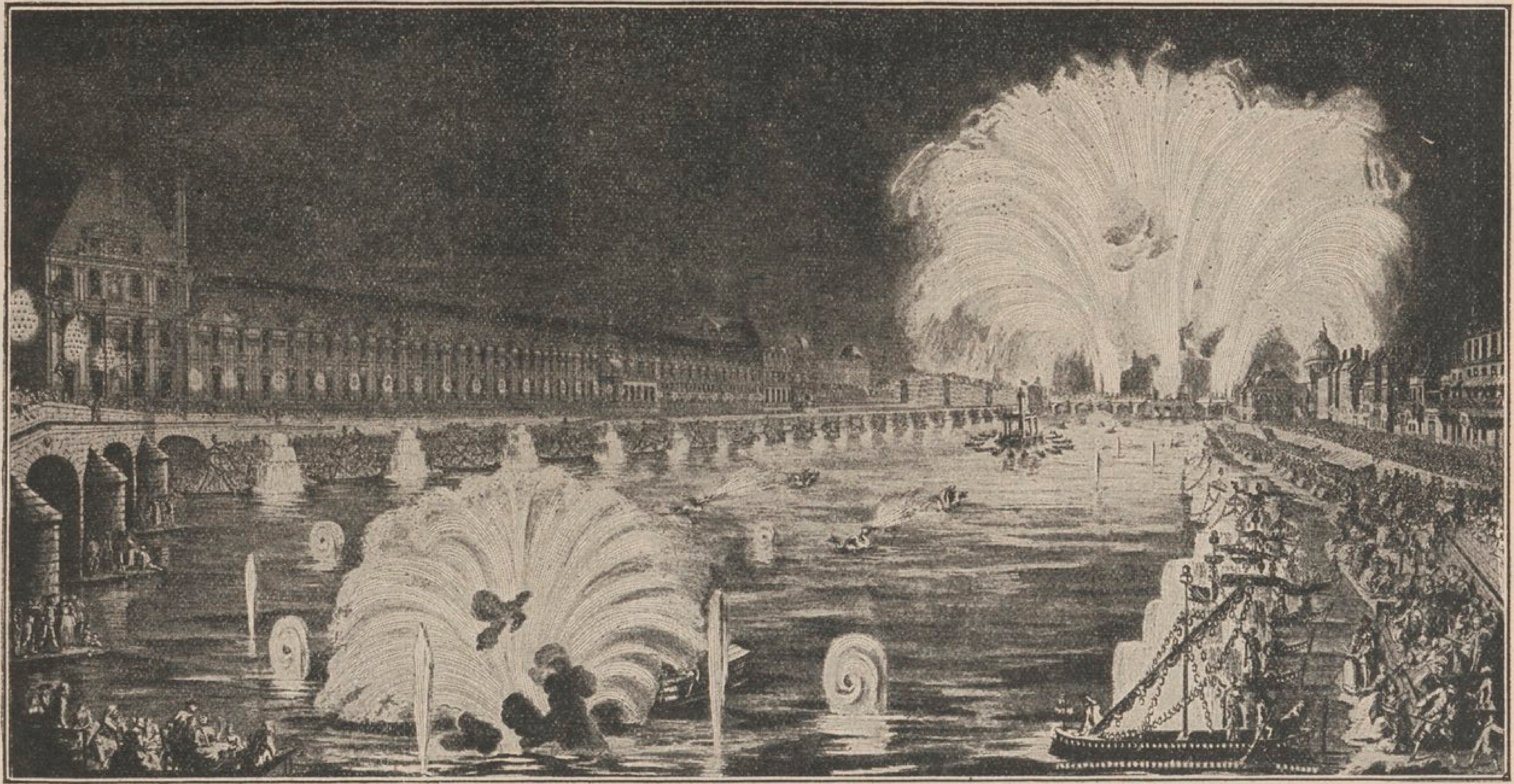
L'adaptation du phonographe à la dictée est, elle, chose faite. Au lieu de dicter directement à un ou une sténo-dactylographe, on dicte devant le cornet d'un phonographe, lequel est prêt à répéter la dictée à n'importe quel moment. L'avantage de cette méthode est surtout d'économiser du temps. L'expérience a démontré, en effet, que l'employé sténographe, ne produit du travail effectif que pendant la moitié du temps passé au bureau, l'autre moitié étant dépensée en dérangements, en attentes dans le bureau de la personne qui dicte, à prendre et à interpréter les notes sténographiées, à refaire le travail qui contient des erreurs dues souvent à une mauvaise interprétation des signes sténographiques, etc.

Dès qu'ils ne sont plus nécessaires, les disques sont rabotés — opération qui ne diminue l'épaisseur de la cire que d'une très petite fraction de millimètre — et, rendus vierges, ils sont prêts à être de nouveau utilisés; l'opération du rabotage peut être effectuée environ deux cents fois.

Ce sont là, en dehors de son rôle amusant et artistique, les deux principales applications du phonographe.

R. Brocard.

UNE MANIFESTATION TRIOMPHALE DE LA PYROTECHNIE CIVILE SOUS LOUIS XV



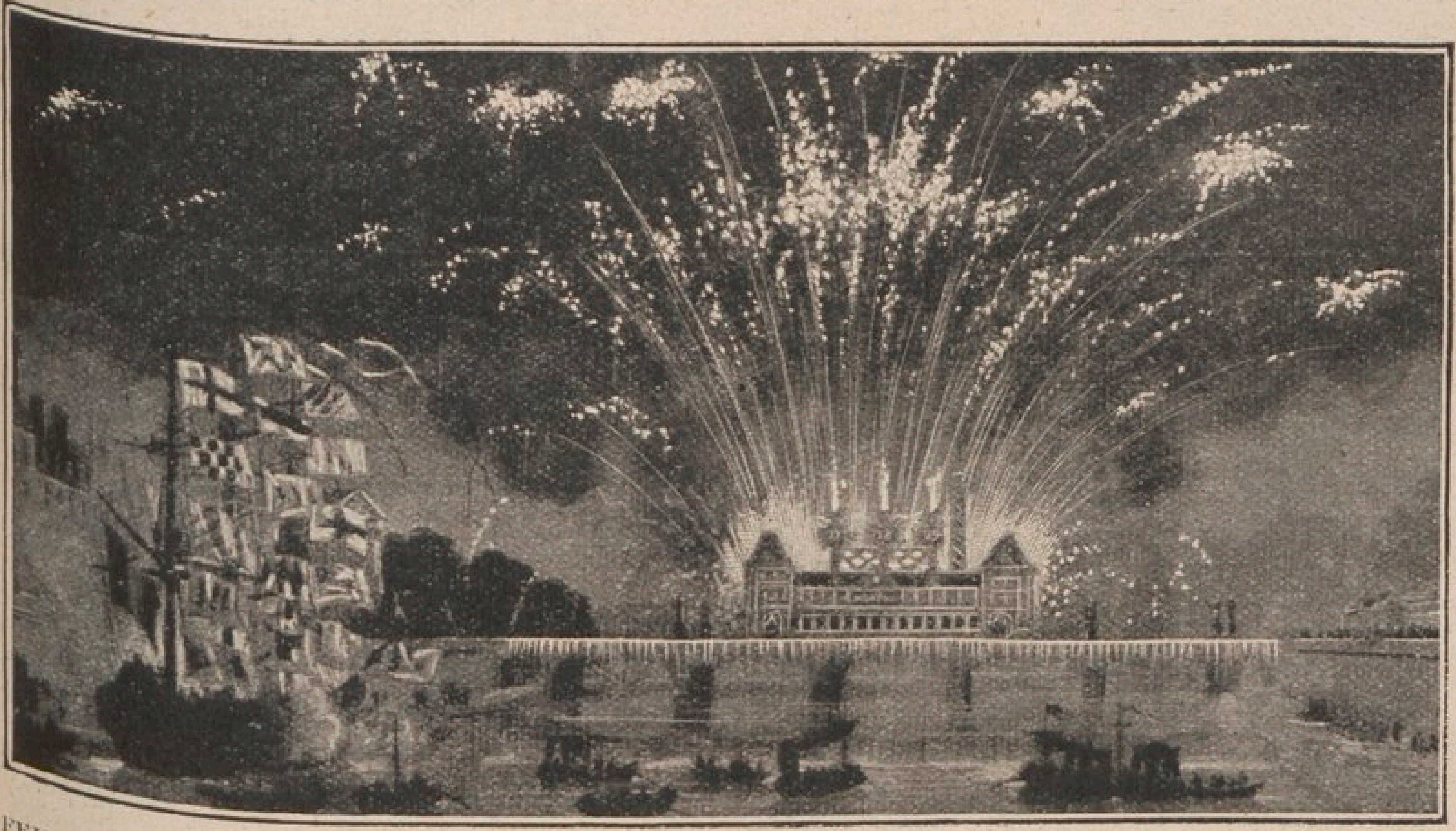
Reproduction d'une estampe de l'époque portant comme légende : « Vue principale des décorations, illuminations et feux d'artifice de la fête donnée par la Ville de Paris sur la rivière de Seine, le 29 août 1759, à l'occasion du mariage de Mme Louise-Elisabeth de France et de Dom Philippe, infant d'Espagne. » Ce document fait partie des collections de la maison Ruggieri, qui a bien voulu nous le communiquer. — *Sous les derniers rois de France, les feux d'artifice et les fêtes pyrotechniques atteignaient une somptuosité qui n'a peut-être jamais été égalée depuis ; plus près de nous, on doit cependant citer ceux qui furent tirés à Paris à l'occasion de la venue des marins de l'amiral Avelan, en 1893.*

LA PAIX VA-T-ELLE NOUS RAMENER LES FEUX D'ARTIFICE ?

Par P. MARCHESINI

Après avoir appliqué à la défense nationale toutes les ressources de la pyrotechnie, après avoir fabriqué par millions les grenades meurtrières et les fusées éclairantes pour les combats de nuit, nos artificiers ont enfin pu reprendre leurs travaux plus pacifiques, imaginer les palais de flammes, les fontaines de feu, les gloires et les girandoles, les cascades d'étoiles aux mille couleurs et les bombes dont l'éclatement allume des soleils que le vent emporte dans la nuit. Le feu d'artifice n'est-il pas le complément obligé de toute fête, et les grands anniversaires nationaux n'inscrivent-ils pas au programme de leurs réjouissances publiques un feu d'artifice ? Il en est même certains dont la composition, l'architecture, pourrait-on dire, est restée célèbre dans les fastes de la pyrotechnie. En l'an 1612, à l'occasion de la fête du roi Louis XIII, sur la pointe de l'île de la Cité, où se trouve aujourd'hui le Vert-Galant, en avant du pont Neuf, fut tiré un feu d'artifice dont la pièce de résistance consistait en une sorte de donjon que bombardaient une série de petits fortins établis sur les bords opposés de la Seine ; attaque et défense se prolongeaient à grand renfort de bombes, fusées, pétards et, finalement, le donjon s'embrasait et un immense bouquet, allumé par l'incendie, projetait ses gerbes éblouissantes au milieu desquelles apparaissaient les chiffres du roi et de la reine-mère. Ce fut merveilleux.

Le XVIII^e siècle marqua, en quelque sorte, l'apogée des feux d'artifice, grâce à la science des cinq frères Ruggieri, qui arrivaient d'Italie, apportant des combinaisons chimiques nouvelles, des jeux pyrotechniques inconnus. Pour le mariage de Louis XVI avec Marie-Antoinette d'Autriche, en 1770, pour le mariage de Napoléon I^{er} avec Marie-Louise, en 1810, pour le sacre du roi Charles X, en 1824, on tire des feux magnifiques qui, tous, prennent pour sujet des allégories se rapportant à la fête que l'on célèbre. En 1854, en l'honneur de la visite de la reine Victoria

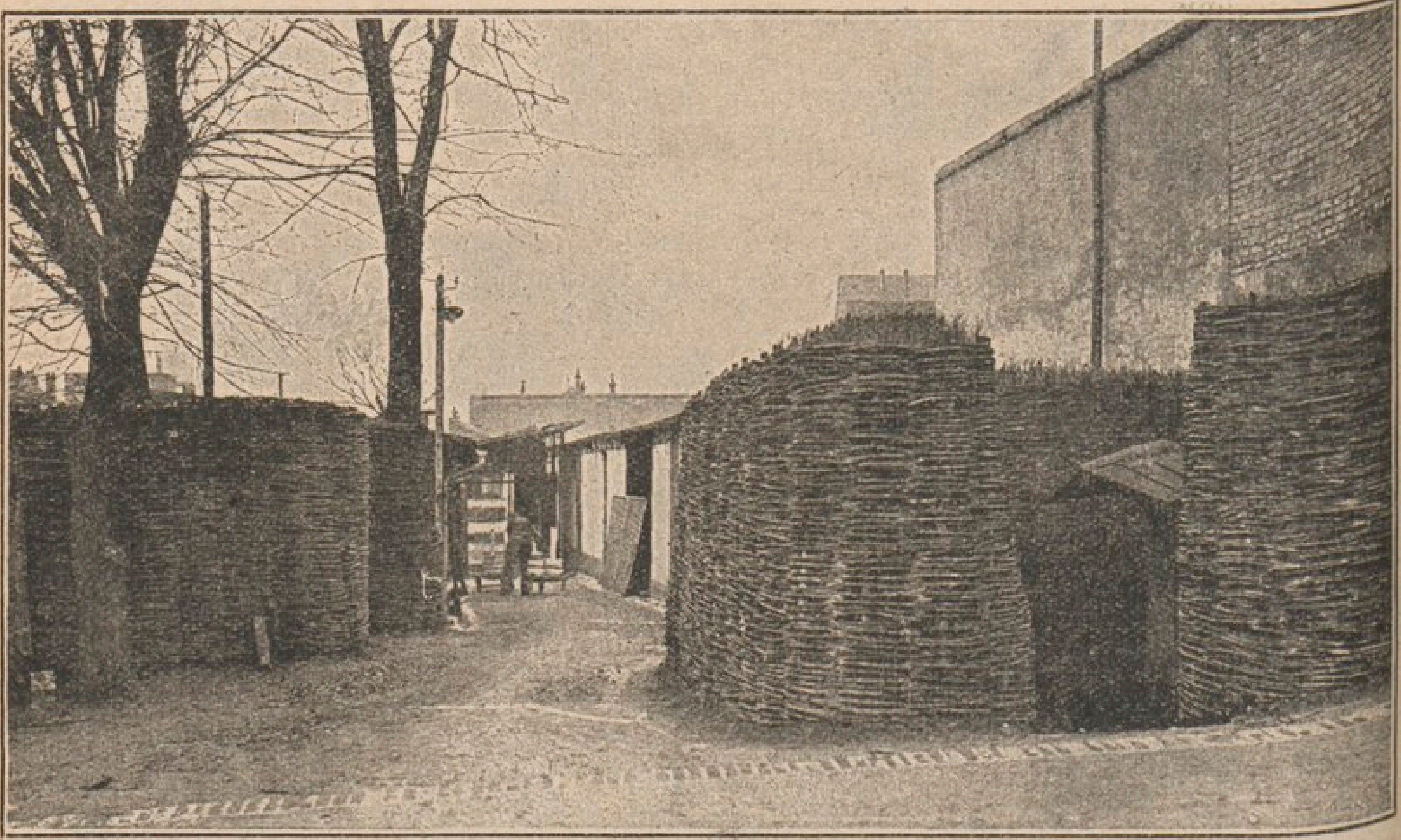


FEU D'ARTIFICE TIRÉ SUR LE PONT DE LA CONCORDE EN 1836, A L'OCCASION DE L'ANNIVERSAIRE DES JOURNÉES DE JUILLET 1830 (D'APRÈS UNE GRAVURE CONTEMPORAINE)

à Versailles, le feu d'artifice tiré au bassin des Suisses représentait le château de Windsor. A Paris, les places réservées à ces grandes manifestations pyrotechniques étaient : le pont Neuf, la place de la Concorde, l'Etoile.

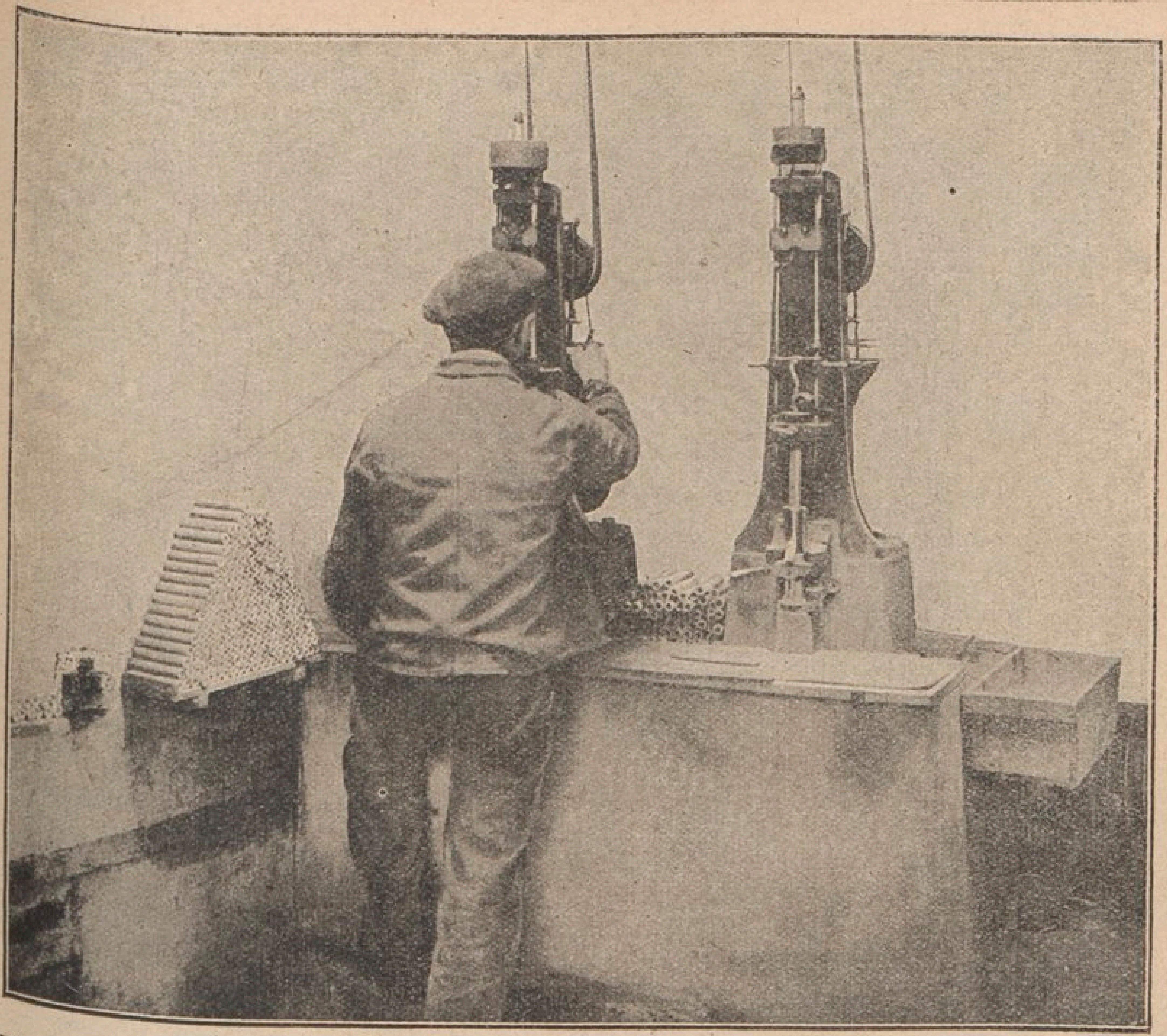
Depuis lors, pendant toute la durée du second empire, à l'occasion de la fête nationale du 15 août, pour les visites des souverains étrangers, les feux d'artifices furent inscrits au programme de toutes les réjouissances. Moins fréquents ensuite, il faut néanmoins mentionner les célèbres fêtes de nuit du bassin de Neptune, à Versailles, qui, par leur décor, avaient un caractère véritablement artistique et certaines fêtes nocturnes données sur le lac d'Enghien, où, s'inspirant des XVII^{e} et XVIII^{e} siècles, on ne se contenta pas seulement des pièces pyrotechniques ordinaires : soleils, gloires, bombes et bouquets, mais où l'on employa les toiles décoratives, comme dans le *combat naval*, notamment, où une escadre de cuirassés attaquait et détruisait une forteresse de toile et de carton, qui est allée, d'ailleurs, finir ses jours dans l'Amérique du Sud, en l'honneur de quelque pronunciamiento.

La pyrotechnie est une des rares industries où la mécanique n'ait pas encore su s'imposer. On pourrait croire, cependant, que là, mieux peut-être encore que dans bien d'autres cas, le travail en séries devrait trouver une application rationnelle ; fusées, bombes, marrons, chandelles romaines, fabriqués par milliers, par les mêmes procédés, sembleraient devoir être fabriqués à l'aide d'un outillage spécial mécanique. Il n'en est rien encore ; l'ouvrier artificier est un artiste qui procède par unités et qui se refuse, parfois, à reproduire à de nombreux exemplaires une bombe dont l'effet aura été saisissant et aura obtenu un réel succès. Certains spécialistes italiens — car l'artifice fut toujours en grand honneur de l'autre côté des Alpes — prétendent conserver jalousement, tels des ouvriers d'art, des secrets de fabrication, des tours de main, des formules chimiques grâce auxquels leurs fusées, leurs bombes, leurs feux de Bengale produisent des effets que le commun des artificiers ne saurait atteindre.



LES ATELIERS DE PYROTECHNIE DOIVENT ÊTRE SÉRIEUSEMENT PROTÉGÉS
Des gabions, des fascines, des remparts de terre dits « cavaliers » isolent les uns des autres les ateliers où se fabriquent les pièces d'artifice, en vue de limiter le champ des accidents.

Habiles à s'initier aux industries étrangères, les Japonais sont aussi devenus très experts dans l'art du feu d'artifice, et tels de leurs catalogues illustrés, en couleurs, témoignent d'une variété de bombes lumineuses, à parachutes et autres, que nous ignorons ici. Il est même certains de leurs feux, que l'on nomme *étoiles japonaises*, dont on ignore la composition. Ces étoiles ou mèches sont confectionnées avec des bandelettes de papier de soie, de dix centimètres environ

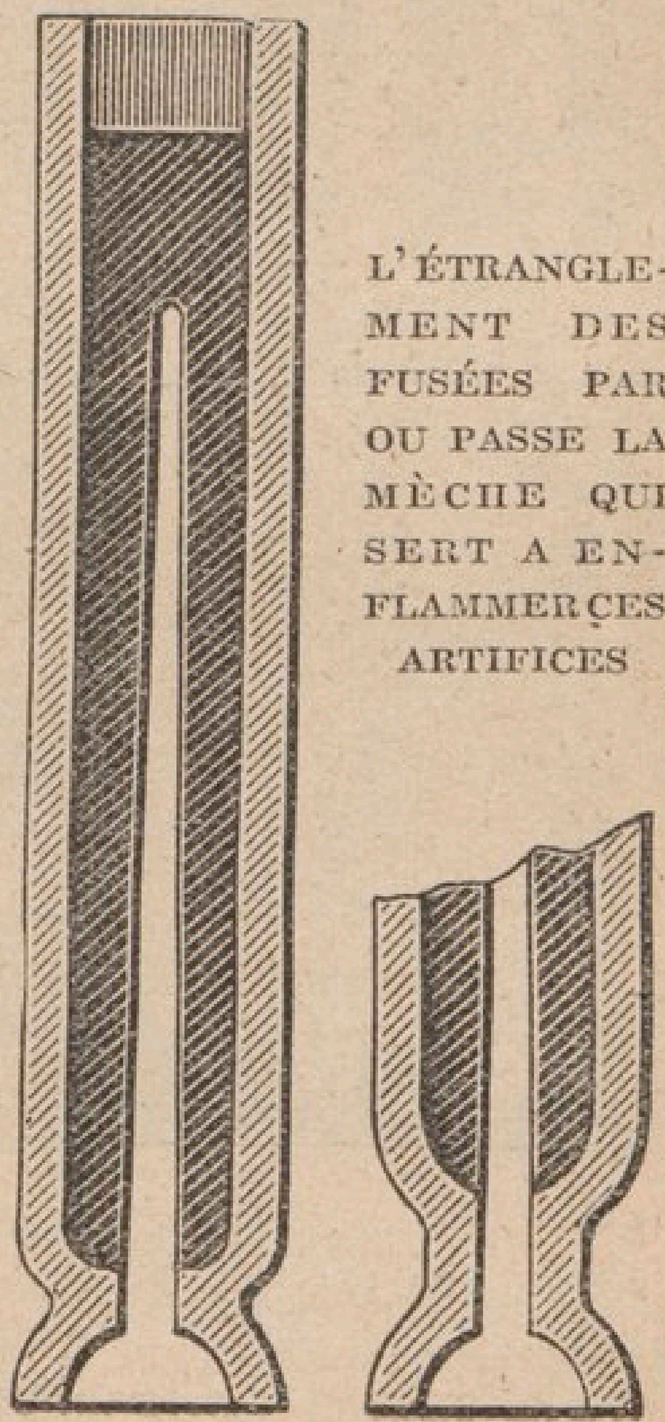


LA POUDRE FUSANTE EST INTRODUITE MÉCANIQUEMENT DANS LES « JETS » OU FUSÉES FIXES

C'est grâce à un mandrin en bois à qui l'on imprime un mouvement vertical que la charge de poudre est progressivement tassée dans le cartonnage de la fusée.

de longueur, roulées sur elles-mêmes et contenant, à l'une des extrémités, une certaine composition. C'est à cette extrémité que l'on met le feu, en tenant la mèche à la main par l'autre bout. Après une insignifiante déflagration, la partie carbonisée se liquéfie et prend l'aspect d'une perle incandescente ; cette boule entre bientôt en ébullition, tourne sur elle-même avec rapidité et ne tarde pas à fulminer. Alors, elle apparaît criblée de trous d'où s'échappent des rayons droits, au bout desquels éclatent des aigrettes lumineuses, grosses comme des noix. Mais ce n'est là qu'un petit divertissement de salon sans aucun danger et sans conséquence.

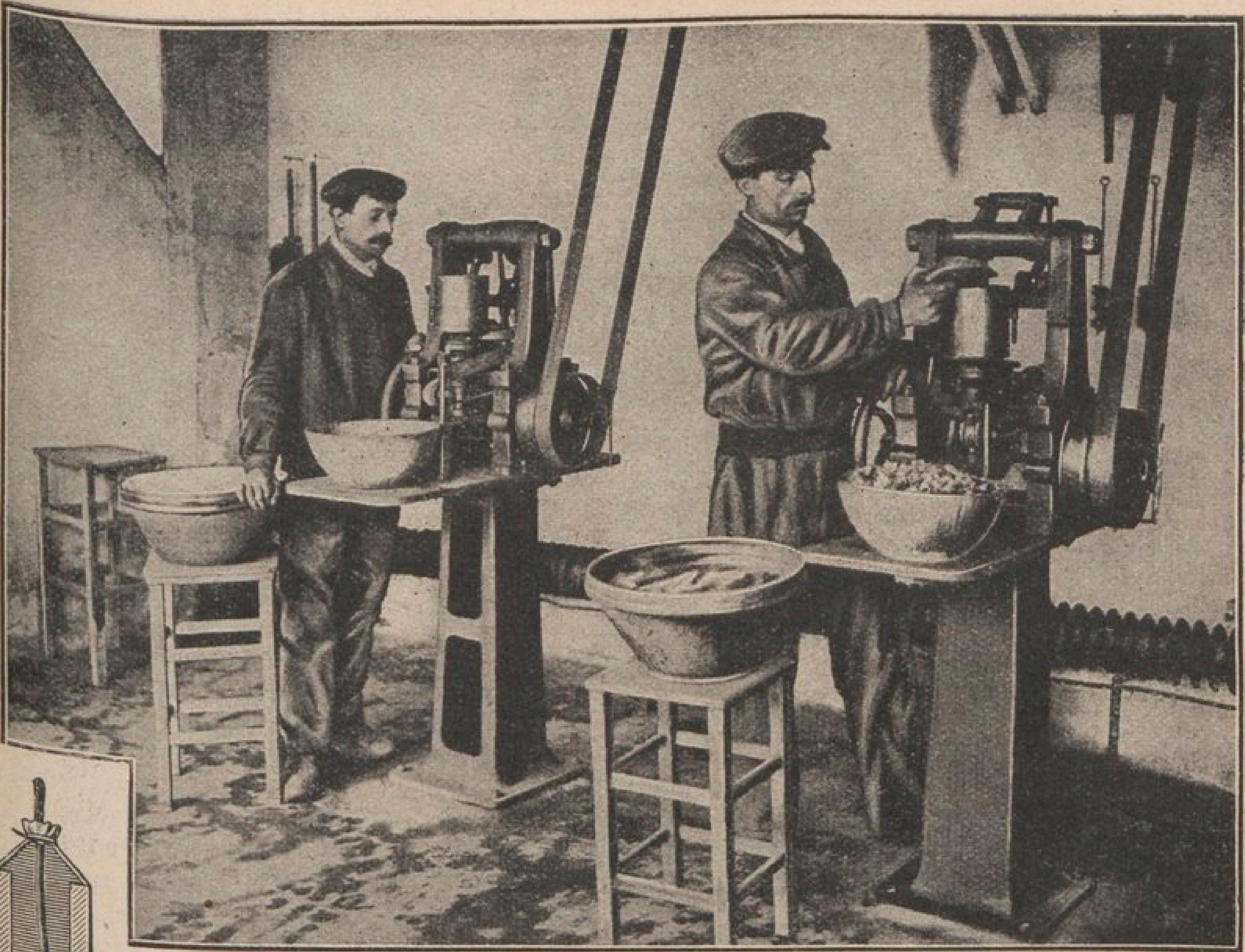
Les éléments qui servent à constituer un feu d'artifice sont beaucoup plus variés, bien que leur fabrication ne comporte guère que des enveloppes de carton dans lesquelles est logée la matière fusante et détonante qui, suivant sa composition, donnera naissance aux effets lumineux les plus divers. Beaucoup d'ateliers de pyrotechnie fabriquent encore leurs cartonages à la main. Les cartouches sont ordinairement formées de plusieurs feuilles



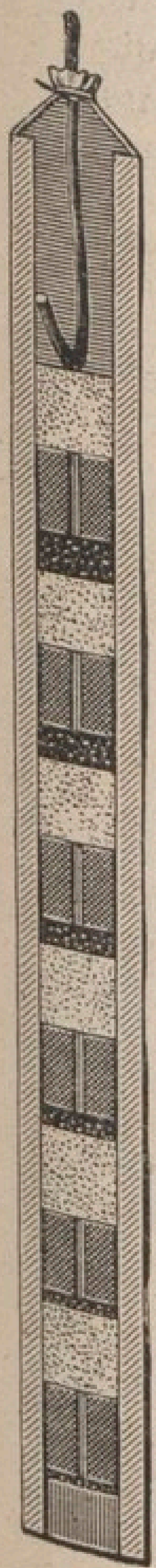
L'ÉTRANGLEMENT DES FUSÉES PAR OU PASSE LA MÈCHE QUI SERT A ENFLAMMER CES ARTIFICES

QUELQUES SPÉCIMENS DE PIÈCES D'ARTIFICES POUR FÊTES PUBLIQUES

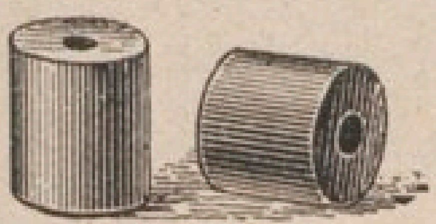
1, *courantin, destiné à porter le feu à des pièces éloignées en glissant sur un fil de fer tendu horizontalement (figure détaillée à la page 241)* ; 2, *feu de Bengale ordinaire;* 3, *gerbe d'eau ;* 4, *chandelle d'eau ;* 5, *volcan;* 6 *et* 8, *serpenteaux ou fusées volantes ;* 7, *canard ;* 9, *bombe.*



ATELIER DE FABRICATION DES « ÉTOILES » BLANCHES ET COLORÉES
La poudre, préparée à l'avance, est versée dans la machine qui la comprime assez fortement et la livre en petits cubes représentant chacun une étoile.

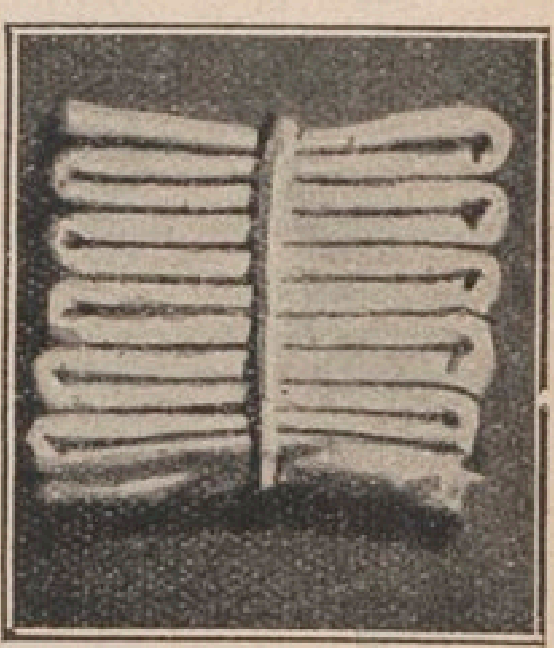


CHANDELLE ROMAINE
Les parties foncées sont les étoiles, que le tube, faisant office de mortier, projette les unes après les autres.



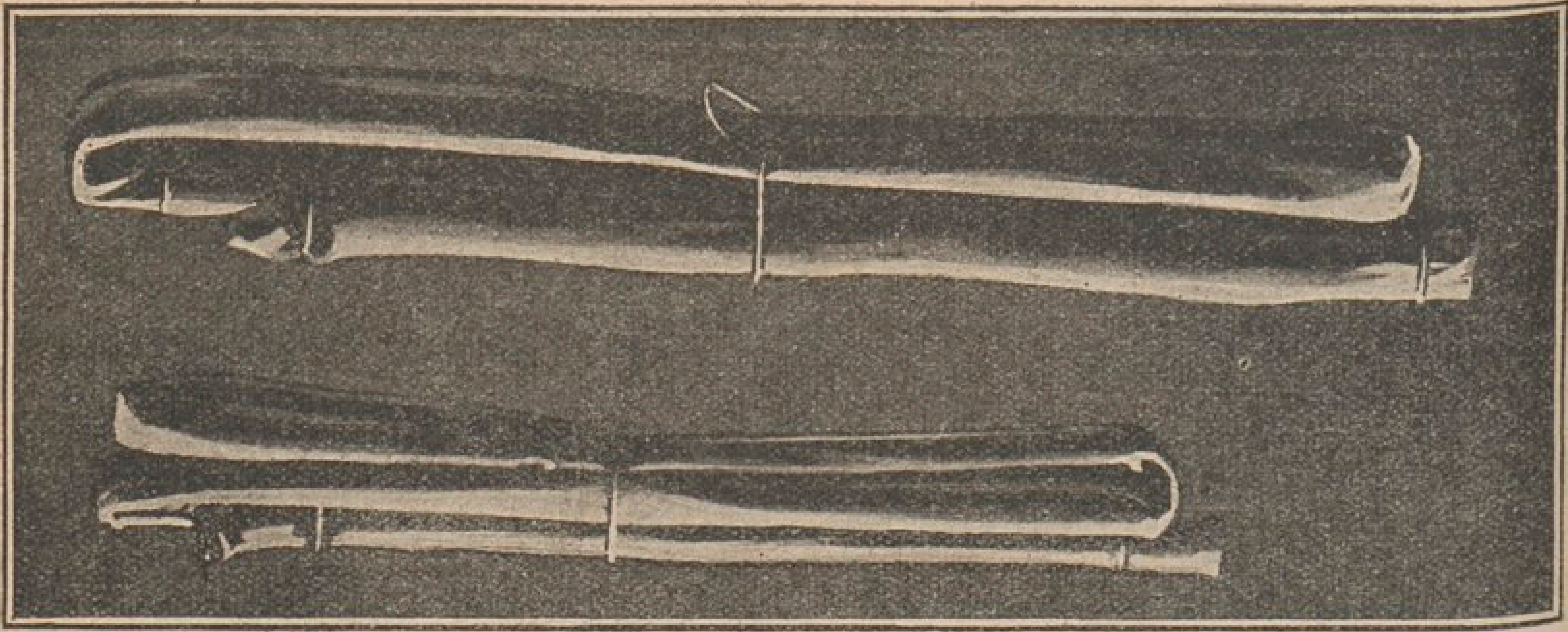
de fort papier, trempé d'abord, puis encollé, que l'on découpe en bandes de la largeur voulue, et que l'on enroule et comprime ensuite sur une tige de métal parfaitement cylindrique. Il existe maintenant des appareils mécaniques perfectionnés qui fabriquent ces cartouches beaucoup plus rapidement.

Les cartouches sont hermétiquement bouchées à l'une de leurs extrémités avec une terre argileuse, et simplement étranglées à l'autre extrémité, afin que le feu, rencontrant un obstacle, projette ses étincelles le plus loin possible. Les gaz, développés par la combustion, se trouvant comprimés par le rétrécissement de l'ouverture d'échappement, acquièrent une force d'impulsion suffisante pour permettre l'ascension des fusées volantes. L'étranglement, qui doit se faire avant que le carton soit complètement sec, s'exécute à l'aide d'un cordeau que l'on enroule autour de la cartouche et que l'on serre fortement comme si l'on voulait fermer solidement un nœud (Fig. p. 233).



« CRAPAUD » A DÉTONATIONS MULTIPLES

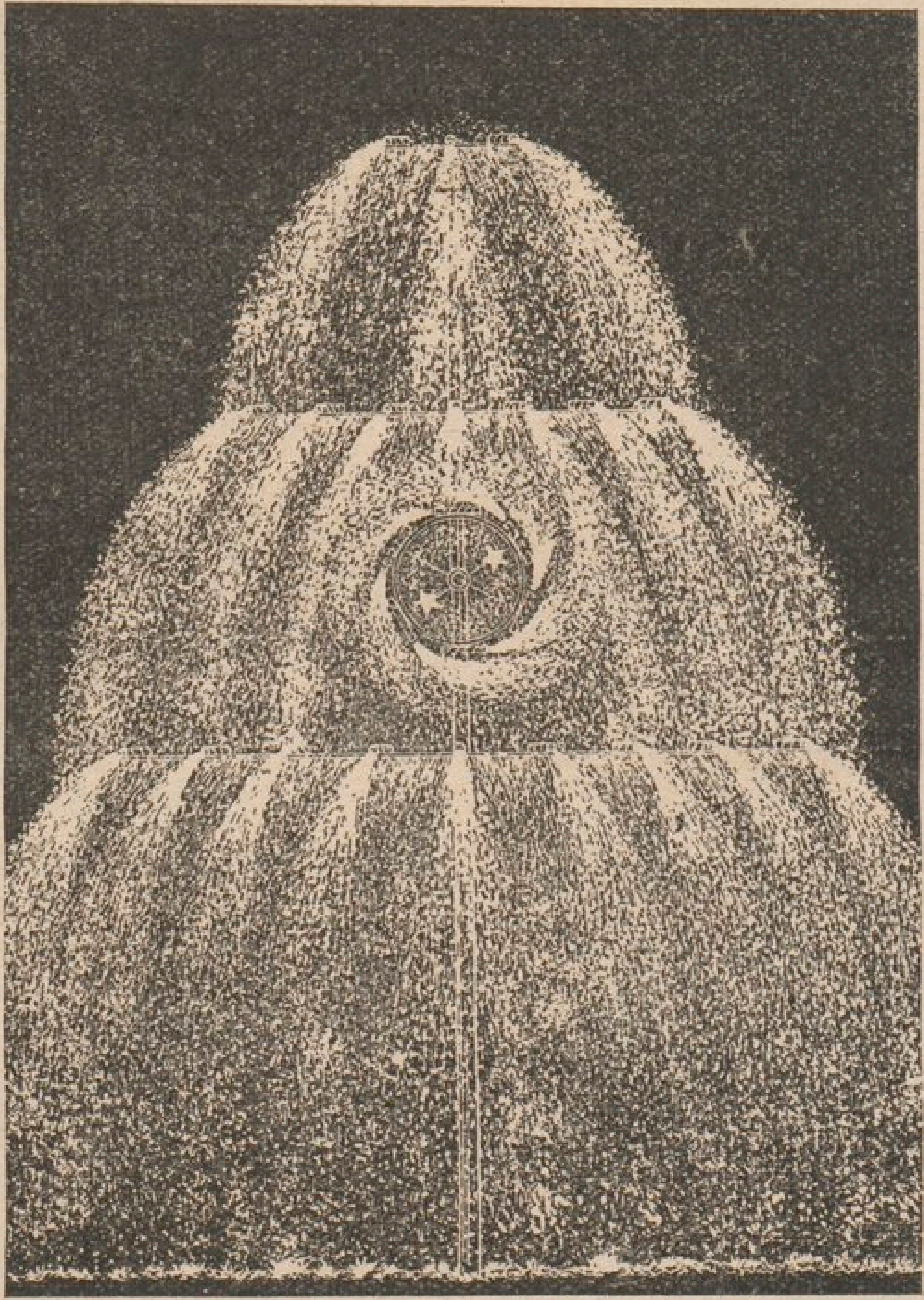
Une broche de métal a été maintenue dans l'intérieur de la cartouche, de façon à y ménager l'ouverture nécessaire pour l'échappement des gaz. Cet étranglement peut également être obtenu par l'introduction d'un petit cylindre de



PIÈCES D'ARTIFICE QUE L'ON JETTE DANS LES TERRIERS DE LAPINS OU DE RENARDS POUR Y ENFUMER LES ANIMAUX ET LES EN FAIRE SORTIR

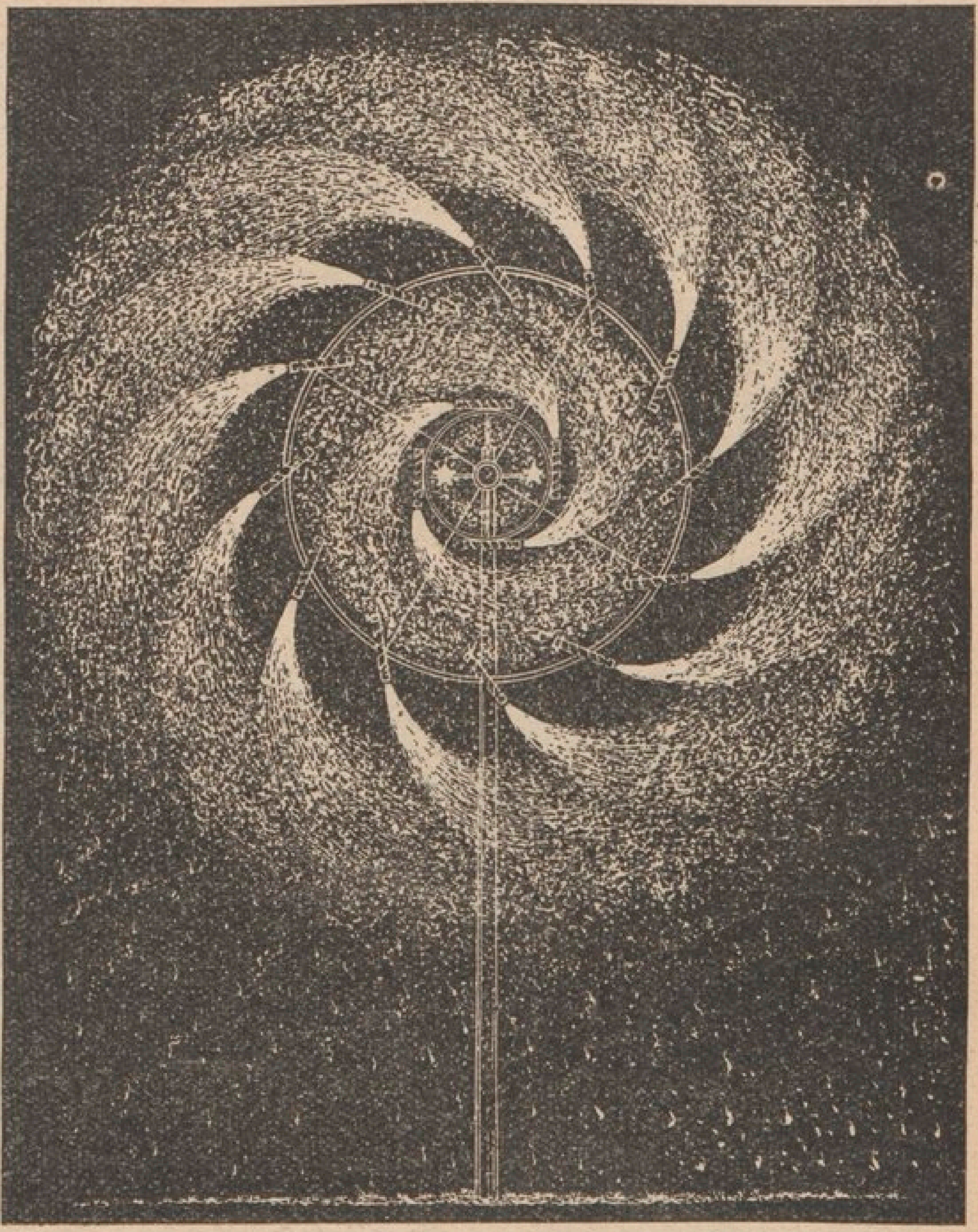
terre argileuse qui colle aux parois intérieures de la cartouche, celle-ci restant alors cylindrique. Il est nécessaire de donner une certaine hauteur à cet étranglement, afin de lui assurer une assez longue résistance à l'effort du feu et pour que le jet conserve ainsi sa puissance le plus longtemps possible.

On charge les cartouches avec des baguettes en bois très dur, généralement du buis, sur lesquelles on frappe avec une masse en fer semblable à celles dont se servent les tailleurs de pierre. L'ouvrier chargé de cette opération a, à côté de lui, sur une table, la poudre et les baguettes de chargement; devant lui, un billot sur lequel il place la cartouche qu'il remplit en plusieurs fois et dans laquelle il comprime la charge à coups de maillet. Il est inutile d'insister sur les dangers que présente cette opération et les multiples précautions que doivent prendre les directeurs d'ateliers de pyrotechnie. Chaque ouvrier se trouve, en quelque sorte, isolé dans une cabine qu'entourent d'épaisses murailles et de solides fascines et gabions formant remparts de terre. Laboratoires où l'on étudie les compositions chimiques, locaux où se triturent et se mélangent les poudres diverses, ateliers de chargement, de montage de pièces, de fabrication de bombes, de séchage, magasins, entrepôts, services d'emballage et d'expédition sont autant de cellules, d'où tout ce qui



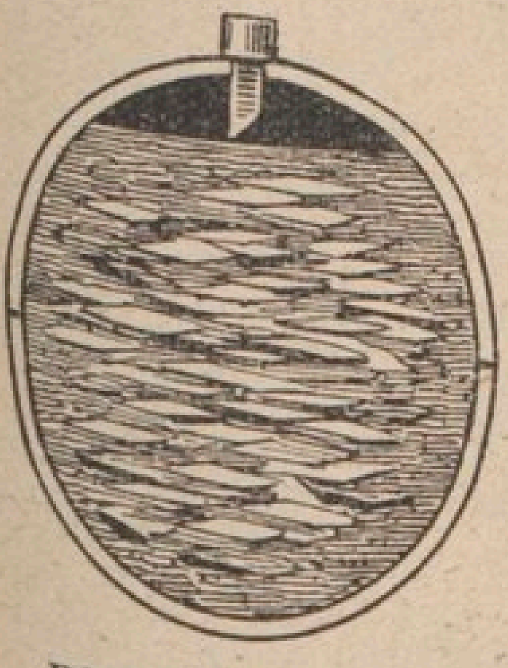
CASCADE DE FEU OU FONTAINE LUMINEUSE

peut produire une flamme est banni, à ce point que le marteau de fer qui sert au chargement est entouré de ficelle pour que, au cas où, s'échappant involontairement des mains de l'ouvrier, il tomberait à terre, il ne puisse, dans un choc, produire une étincelle. Et, néanmoins, malgré les plus grandes et les plus sévères précautions, il arrive encore, parfois, que de petits incendies se déclarent, que l'on éteint rapidement et facilement grâce à la division des ateliers et à leur complet isolement.



SOLEIL DOUBLE EN PLEINE ÉVOLUTION

L'opération que nous venons de décrire est celle de la fabrication et du chargement d'un jet ordinaire, c'est-à-dire d'une fusée fixe qui projette simplement du feu devant elle et dont on se sert pour la construction des pièces montées, fixes ou tournantes, cascades, palmiers, pluies de feu. Si, à la fin du jet, on veut obtenir une détonation, on ne charge qu'aux quatre cinquièmes de la hauteur totale et, sur la composition fortement comprimée, on verse une forte cuillerée de poudre de mine, sur laquelle on foule un tampon de papier, puis on achève de combler le vide restant avec de la terre. Pour amorcer, on introduit un brin d'étoupille imbibé de pâte d'amorce qu'on applique directement sur la composition. L'étoupille ou mèche se fait avec du coton filé, que l'on trempe dans une pâte composée de pulvérin et d'alcool gommé. Le pulvérin s'obtient en écrasant la poudre de guerre et plus particulièrement la poudre de mine comme étant plus tendre et moins chère ; toutefois, ce pulvérin peut être avantageusement remplacé par ce que l'on appelle le poussier de tonneau, mélange intime, obtenu à sec, par trituration, dans un tonneau, des trois substances composant la poudre à tirer : salpêtre, soufre et charbon. C'est dans un tonneau semblable qu'on triture toutes les substances chimiques autres que les chlorates.

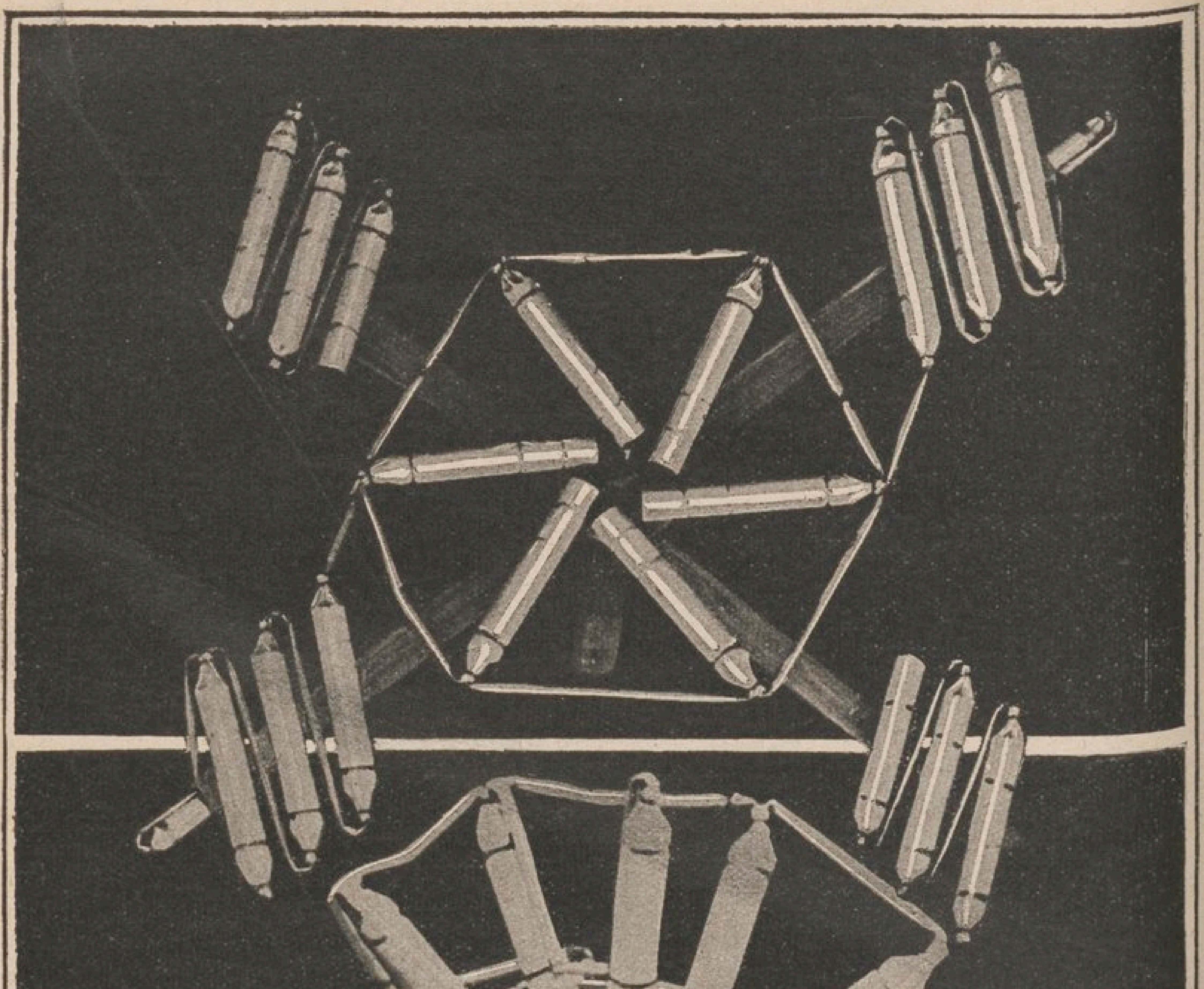


BOMBE-OISEAUX

Cet engin est rempli de feuilles de papier qui, projetées de toutes parts au moment de l'explosion, donnent l'illusion d'une joyeuse envolée de moineaux.

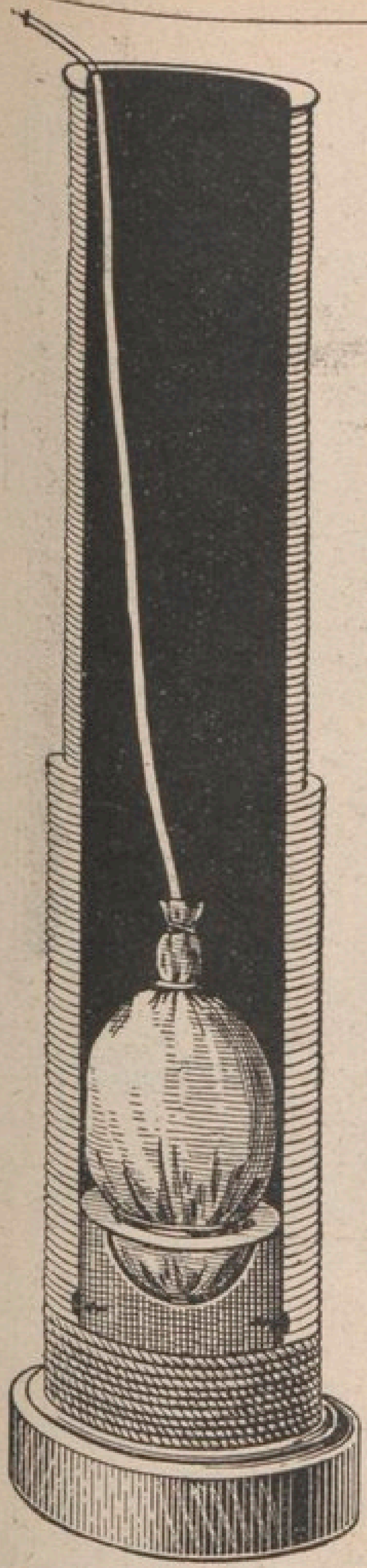
Le chargement des jets se fait aussi à l'aide d'appareils mécaniques opérant à la manière des perceuses. La cartouche vide est placée perpendiculairement au-dessous d'une tige qui s'abaisse et vient comprimer la charge de poudre qui a été versée automatiquement. La rapidité de cet appareil permet une économie notable de temps et de main-d'œuvre. Un autre appareil, construit spécialement pour la fabrication des étoiles, dont nous aurons à parler plus loin, et ce chargeur automatique sont à peu près les seuls outils mécaniques employés en pyrotechnie.

Pendant que nous en sommes à la description des pièces fixes, il convient de mention-



DEUX PIÈCES MONTÉES EMPLOYÉES DANS LES FEUX D'ARTIFICE IMPORTANTS

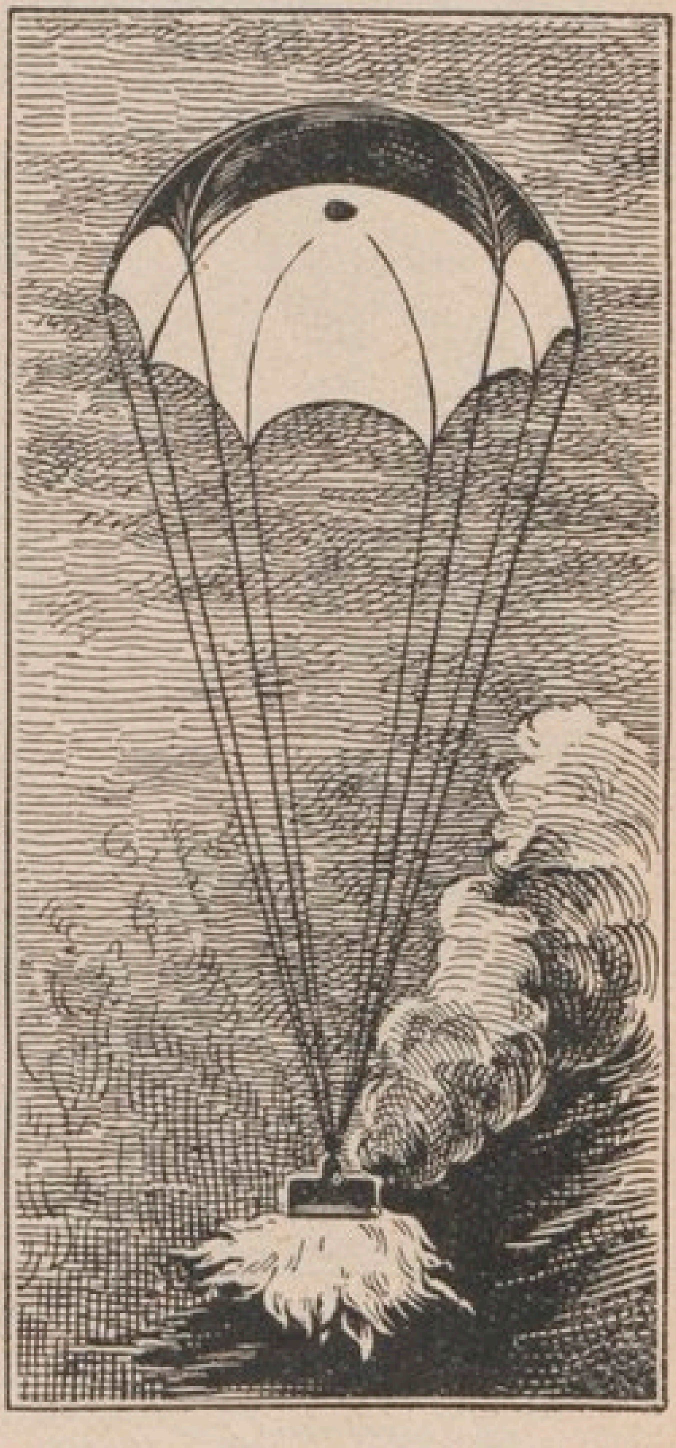
La figure supérieure représente une pièce destinée à donner l'illusion des ailes d'un moulin; elle est animée d'un mouvement de rotation vertical, et les fusées s'enflamment successivement, projetant parfois des étoiles multicolores du plus joli effet. La pièce du bas est une « girandole » ; elle tourne horizontalement au sommet d'un mât ou à la partie supérieure d'une charpente, éclairant un vaste espace de la lumière éblouissante de ses fusées et de ses feux de Bengale.



MORTIER POUR LANCER LES MARRONS ET LES BOMBES

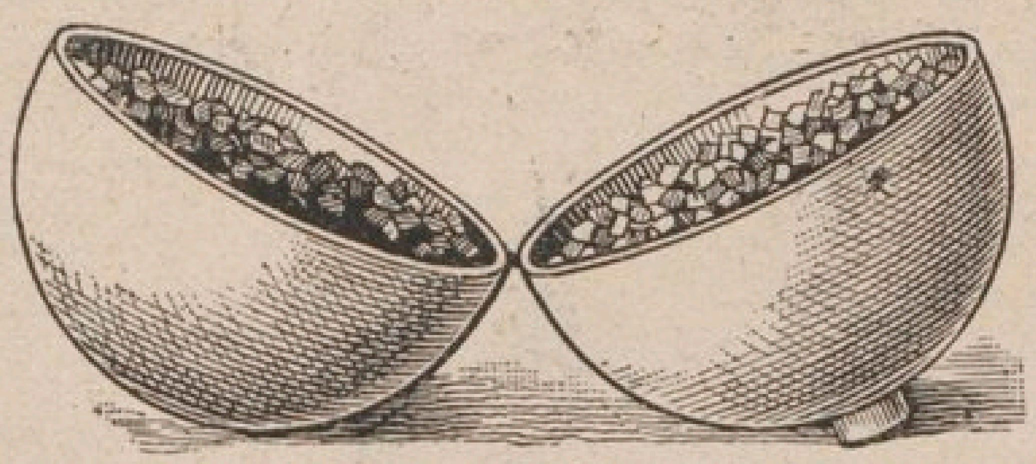
ner, bien qu'ils ne fassent pas partie des feux d'artifice et qu'ils n'y jouent aucun rôle, les pétards utilisés par les compagnies de chemins de fer pour compléter leurs systèmes de signaux, surtout par temps de brouillard. Un mélange de poudre détonante est enfermé dans une douille métallique, sertie ensuite à la machine. Cette douille, qui a à peu près la forme d'une grosse montre, est destinée à être placée sur les rails de la voie ferrée, de telle façon que les roues de la locomotive la feront éclater au passage. On la met en position de deux manières : ou en la fixant à la main sur le rail à l'aide de deux petits ressorts d'acier faisant corps avec la douille, ou en la reliant, par une tige, à la commande du disque-signal de telle sorte que, lorsque ce disque est mis à l'arrêt, la douille vient automatiquement se placer sur le rail. Si l'œil n'a pas distingué le signal, l'oreille, du moins, percevra l'explosion et le mécanicien, averti, bloquera ses freins en temps utile (Voir les figures pages 243 et 244).

Revenons maintenant aux véritables éléments des feux d'artifice. La fusée volante, qui est assurément le chef-d'œuvre de la pyrotechnie, est douée d'une puissance qui lui permet de s'élever très haut. C'est à la disposition intérieure de son chargement qu'elle doit cette force, que l'on rend ascensionnelle au moyen d'un contrepoids (baguette de direction) qui la maintient dans une position verticale. L'ouverture par où s'échappe le gaz enflammé, se trouvant au-dessous, oblige la fusée à monter, en reculant, tant que l'élasticité du fluide produit la pression voulue. Pour obtenir cette force, il est nécessaire d'enflammer à la fois une grande quantité de matière ; on y parvient en ménageant, à l'intérieur, l'âme de la fusée, c'est-à-dire un vide dans la presque totalité de sa longueur. Le feu, en pénétrant dans cette cavité, attaque toute la surface de la composition dont la combustion détermine la brusque sortie des gaz. Ceux-ci viennent se heurter à l'obstacle que leur offre le rétrécissement de la gorge, qu'on doit régler de manière à ce que la fusée ait le plus de force possible, sans l'exposer à faire explosion. Là est toute la difficulté.



PARACHUTE DÉPLOYÉ SUPPORTANT LA BOMBE OU ÉTOILE QUI, SEULE, SE DÉTACHE DANS LA NUIT

On utilise la force ascensionnelle de la fusée de différentes façons ; la principale est de lui faire enlever une garniture d'étoiles qui se disperse en gerbe lumineuse dans le ciel pour la plus grande joie de la foule. Dans ce cas, au-dessus de la composition qui constitue le chargement de la fusée, on dispose une couche d'argile pulvérisée percée d'un trou par lequel peut passer la flamboyure, poudre à base de potasse, qui sert à enflammer la garniture des bombes et des fusées ; quelques centigrammes suffisent. Ce que l'on nomme garniture, c'est la quantité d'étoiles qui doi



UNE BOMBE COUPÉE EN DEUX

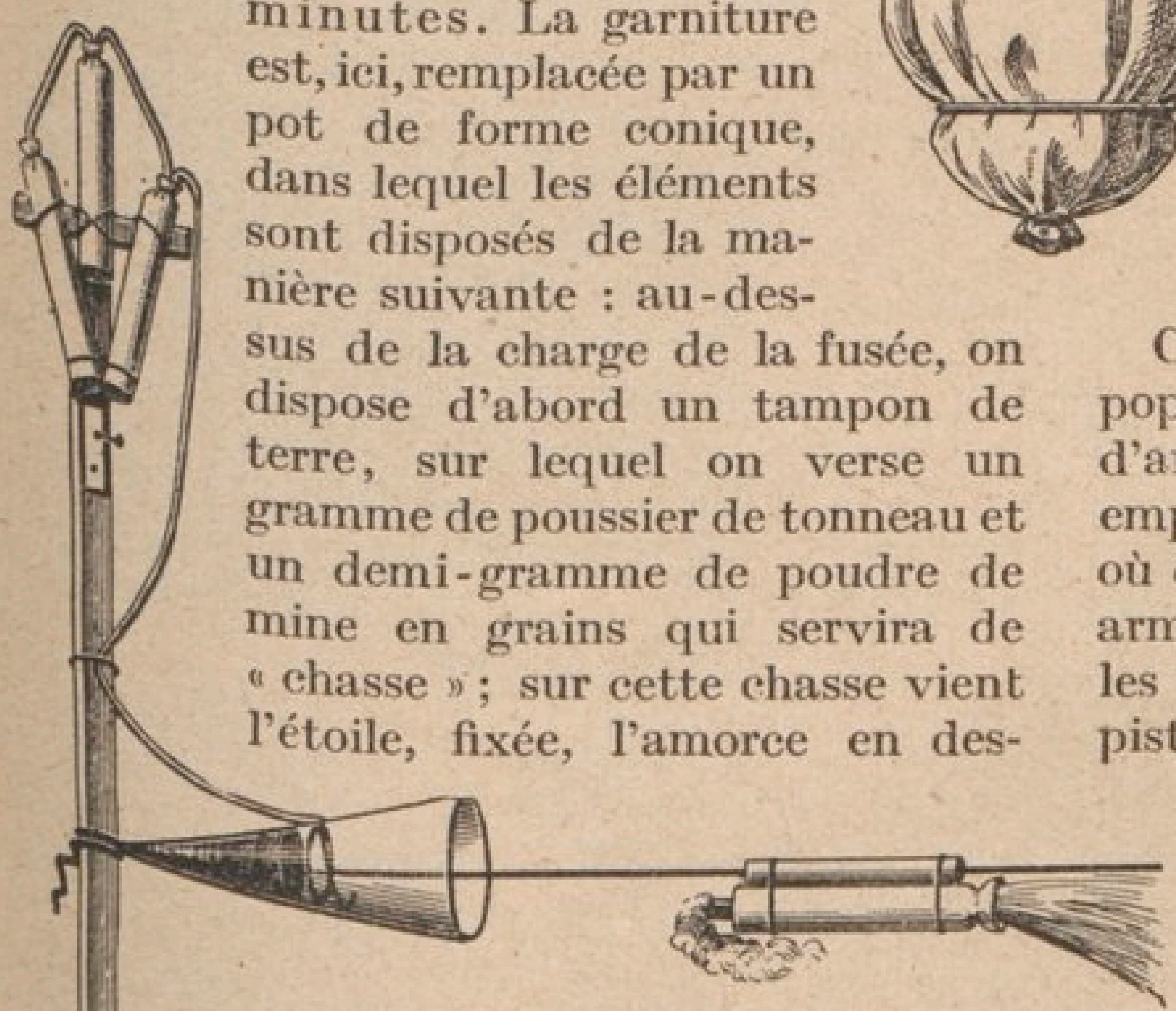
L'intérieur laisse voir la multitude de petits cubes qui se transformeront en étoiles brillantes au moment de l'explosion.

UN COIN DES ATELIERS OU S'EFFECTUE LE MONTAGE DES « CHENILLES »

OUVRIER PROCÉDANT AU MONTAGE D'UNE GROSSE BOMBE A PARACHUTE
Il comprime fortement à l'aide d'une solide ficelle les divers éléments qui constituent l'engin.

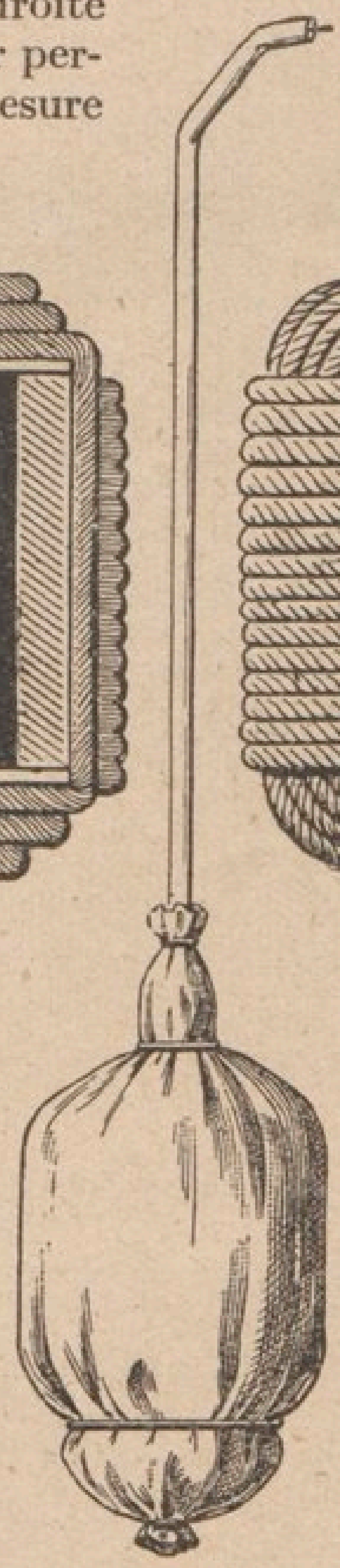
vent être projetées ; le poids de cette garniture ne doit pas dépasser le tiers de celui de la fusée chargée. Enfin, pour diriger celle-ci, on la munit d'une baguette ferme, droite et légère, qui lui permet de s'élever perpendiculairement ; cette baguette mesure environ onze fois la longueur de la cartouche. On peut la suspendre par deux anneaux sur un cordeau et la faire ainsi voler horizontalement ; c'est alors ce qu'on appelle un courantin, dont on se sert pour allumer à distance des pièces d'artifice dont l'accès est difficile.

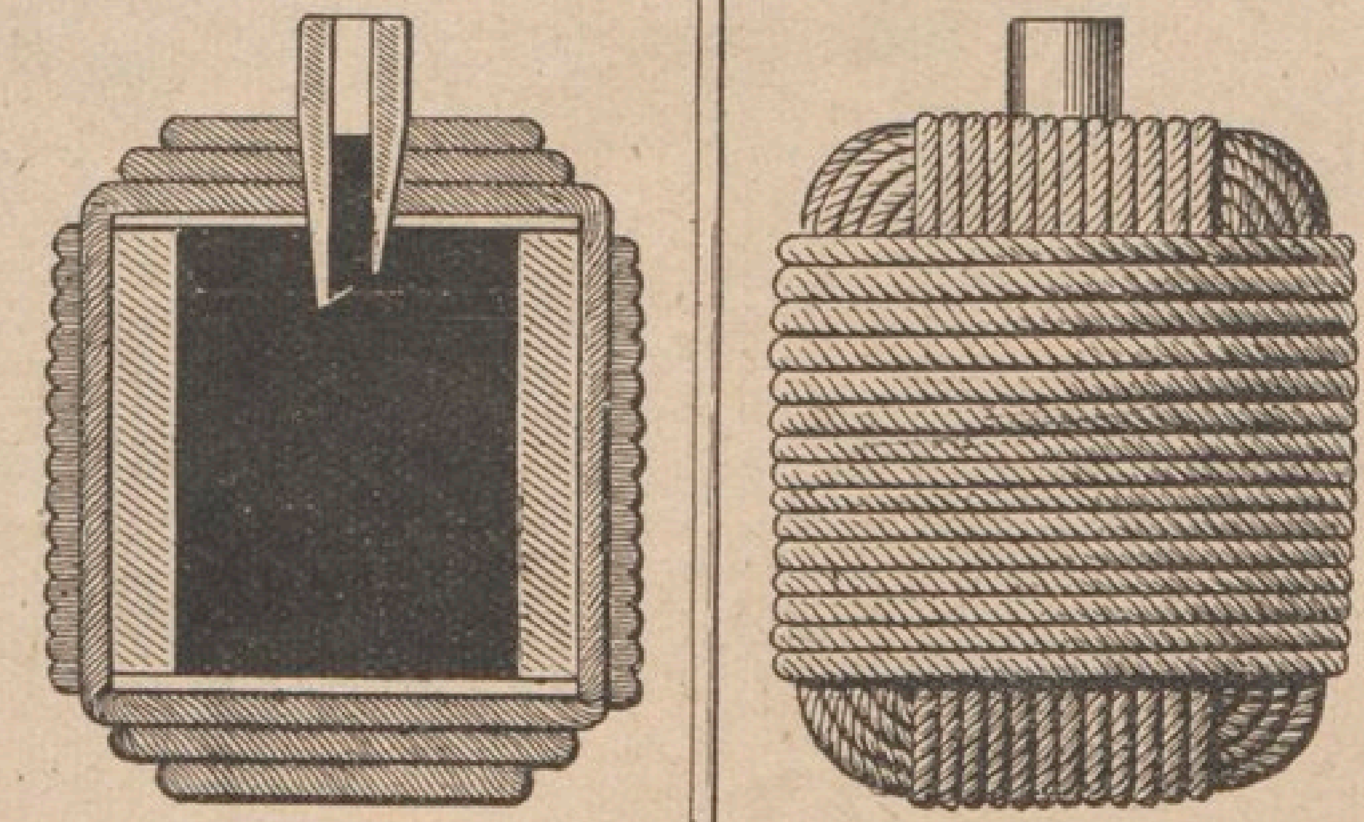
Dans cette même catégorie, mais de dimensions plus importantes, on peut classer les fusées à parachutes ; ce sont celles qui produisent les bombes ou les chenilles lumineuses et de couleurs variées que l'on voit flotter dans l'air pendant plusieurs minutes. La garniture est, ici, remplacée par un pot de forme conique, dans lequel les éléments sont disposés de la manière suivante : au-dessus de la charge de la fusée, on dispose d'abord un tampon de terre, sur lequel on verse un gramme de poussier de tonneau et un demi-gramme de poudre de mine en grains qui servira de « chasse » ; sur cette chasse vient l'étoile, fixée, l'amorce en dessous, par un anneau, aux huit fils d'un parachute en étoffe souple, légère et sans apprêt. Ce parachute, replié sur lui-même, est logé dans le haut du pot. La fusée allumée s'élève dans les airs jusqu'à ce que



COURANTIN OU FUSÉE COURANT SUR UN FIL DE FER POUR VENIR ALLUMER UNE PIÈCE D'ARTIFICE ÉLOIGNÉE.

la combustion atteigne la poudre de mine qui, en éclatant, allume l'étoile et la chasse au dehors où, supportée par le parachute qui s'est déplié, elle flotte et descend lentement. En superposant trois étoiles de compositions variées, on obtient des étoiles de couleurs changeantes, qui s'allument successivement l'une après l'autre. Au lieu d'étoiles, enfin, on peut disposer dans le pot une série de plusieurs "jets" ayant la forme d'une mince cartouche, qui sont reliées parallèlement entre elles par des fils noués à leurs extrémités ; cette pièce a reçu le nom de chenille ; elle donnerait plutôt l'idée d'une échelle dont les barreaux seuls seraient lumineux.





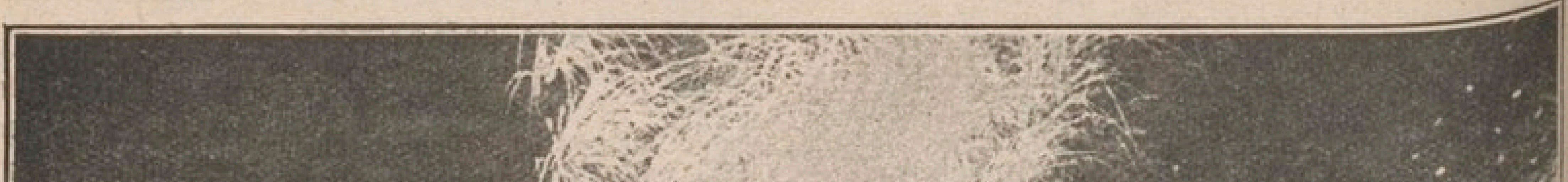
LE MARRON DES FÊTES FORAINES

Cet artifice est lancé dans les airs à l'aide d'un mortier. Il se compose d'un cylindre de carton garni de poudre, solidement ceinturé de ficelle ; arrivé à une certaine hauteur, il éclate avec une détonation sèche qui s'entend de loin.

Ce genre de fusées qui, depuis longtemps, est populaire et que l'on voit dans tout feu d'artifice de quelque importance, a été employé par millions au cours de la guerre, où elles ont servi de signaux à nos différentes armes, infanterie, artillerie, aviation ; on les projette en l'air à l'aide de fusils ou de pistolets spéciaux qui les envoient à la distance suffisante de soixante mètres. Elles ont servi à illuminer le front au moment des attaques que nos troupes lançaient en pleine nuit ou des assauts de l'ennemi qu'il fallait repousser.

La fusée volante devient aussi un précieux auxiliaire de sauvetage ; elle permet d'envoyer au navire en détresse une longue ligne, qui, parvenue à destination, sert à établir un va-et-vient à l'aide duquel des secours pourront être portés. Cette fusée, d'un diamètre de 7 centimètres, pèse plus de 7 kilos et est munie d'une baguette de 2 m. 90 de longueur. Sa portée est de 400 mètres environ. Parmi les élé-

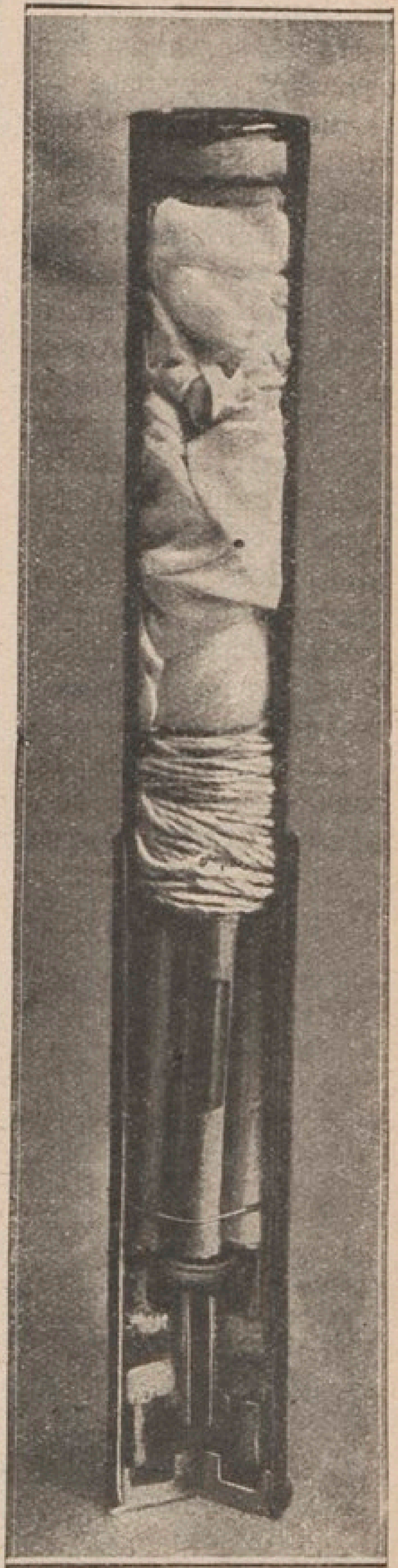
VUE PARTIELLE DE L'ATELIER OU SE PRÉPARENT LES PÉTARDS DE CHEMIN DE FER



REMARQUABLE FEU D'ARTIFICE TIRÉ PENDANT L'ÉTÉ DE 1912 SUR LE LAC D'ENGHIEN
Simulacre de combat naval : une flotte cuirassée bombarde une forteresse, qui répond par un feu nourri.

FUSÉES A PARACHUTE SERVANT DE SIGNAUX DANS L'ARMÉE

Ces fusées, sectionnées, permettent de voir le dispositif intérieur: en haut, l'étoffe du parachute repliée au-dessus des fils qui soutiennent un « feu » (à gauche) ou une chenille (à droite). Au-dessous, la charge de poudre qui provoquera l'éclatement et fera se déplier le tout.

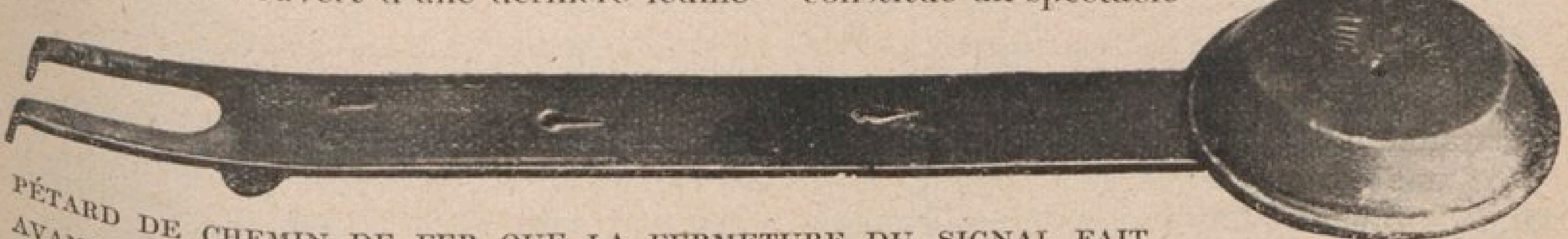


ments qui constituent les feux d'artifice, il en est un d'usage courant, c'est le « marron d'air ». Il se tire en salves les jours de fête; il est employé comme signal de départ ou d'arrivée dans les régates; le soir, il annonce le feu d'artifice; on le retrouve dans les intermèdes de pièces, et c'est encore lui qui accompagne le bouquet final.

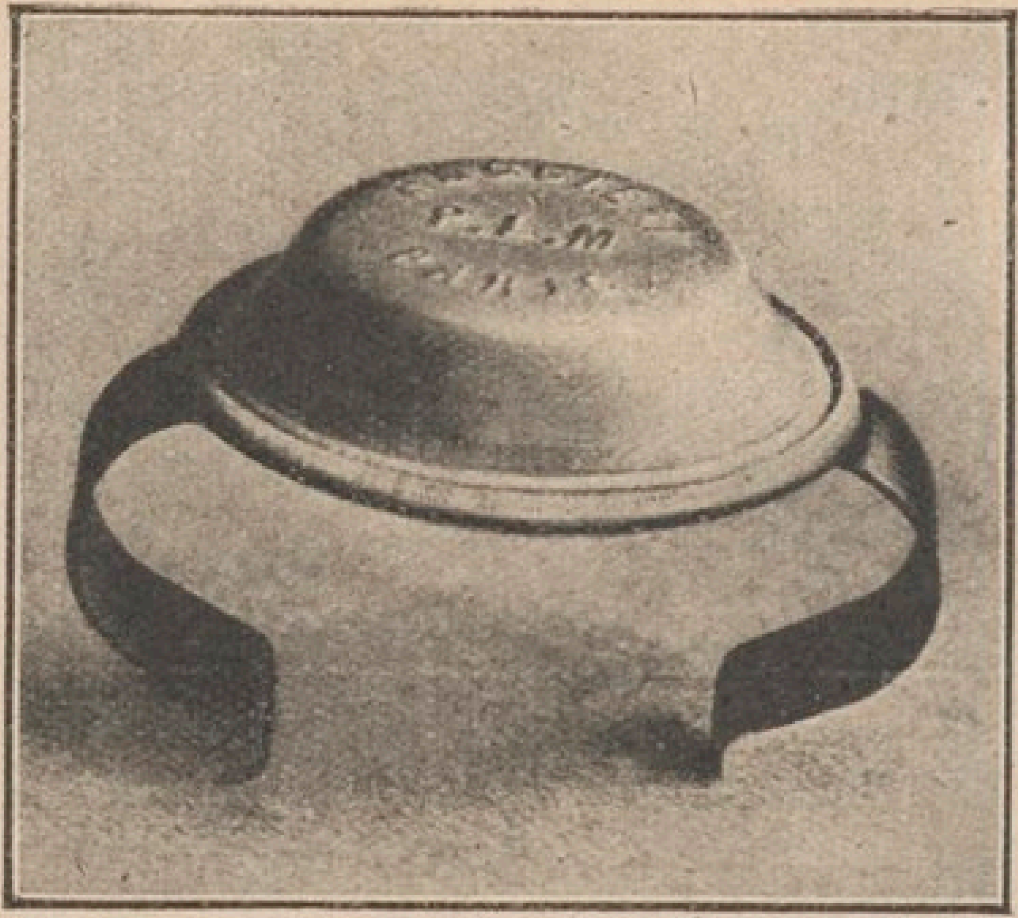
Il n'est suivi d'aucune traînée de feu quand il s'élève; seule, une détonation se fait entendre quand il arrive au bout de sa course. Une charge de poudre de mine est mise dans une cartouche de carton dont les deux fonds sont fermés par des rondelles dans l'une desquelles passera la mèche servant à l'allumage intérieur. Ce marron est entièrement ficelé et encollé sur tous les sens et recouvert de plusieurs couches de papier. Sous le fond opposé à celui dans lequel passe l'étoupille, on place la chasse (un peu de poudre de mine enveloppée dans du papier) reliée par une mèche à l'étoupille supérieure. Le marron, recouvert d'une dernière feuille de papier qui enveloppe le tout, est placé dans le mortier, la mèche en l'air. Celle-ci met en même temps le feu à la chasse qui projette le marron et à l'étoupille qui, brûlant plus lentement, n'enflamme la charge et ne provoque l'éclatement que lorsque le marron a atteint le point terminal de son ascension.

C'est par le même procédé que sont lancées les bombes d'artifice projetant des gerbes d'étoiles colorées. La confection de ces bombes diffère de celle des marrons, bien qu'elles aient à peu près le même aspect. Elles se composent essentiellement de deux calottes demi-sphériques que l'on réunit et que l'on colle soigneusement après y avoir logé les petits cubes qui, en brûlant, représenteront les étoiles ou les autres menus artifices composant la garniture.

D'autres pièces d'artifice, volcans, tourbillons, saucissons sont lancés également par les mortiers. Il convient de signaler aussi la bombe-oiseau, qui constitue un spectacle



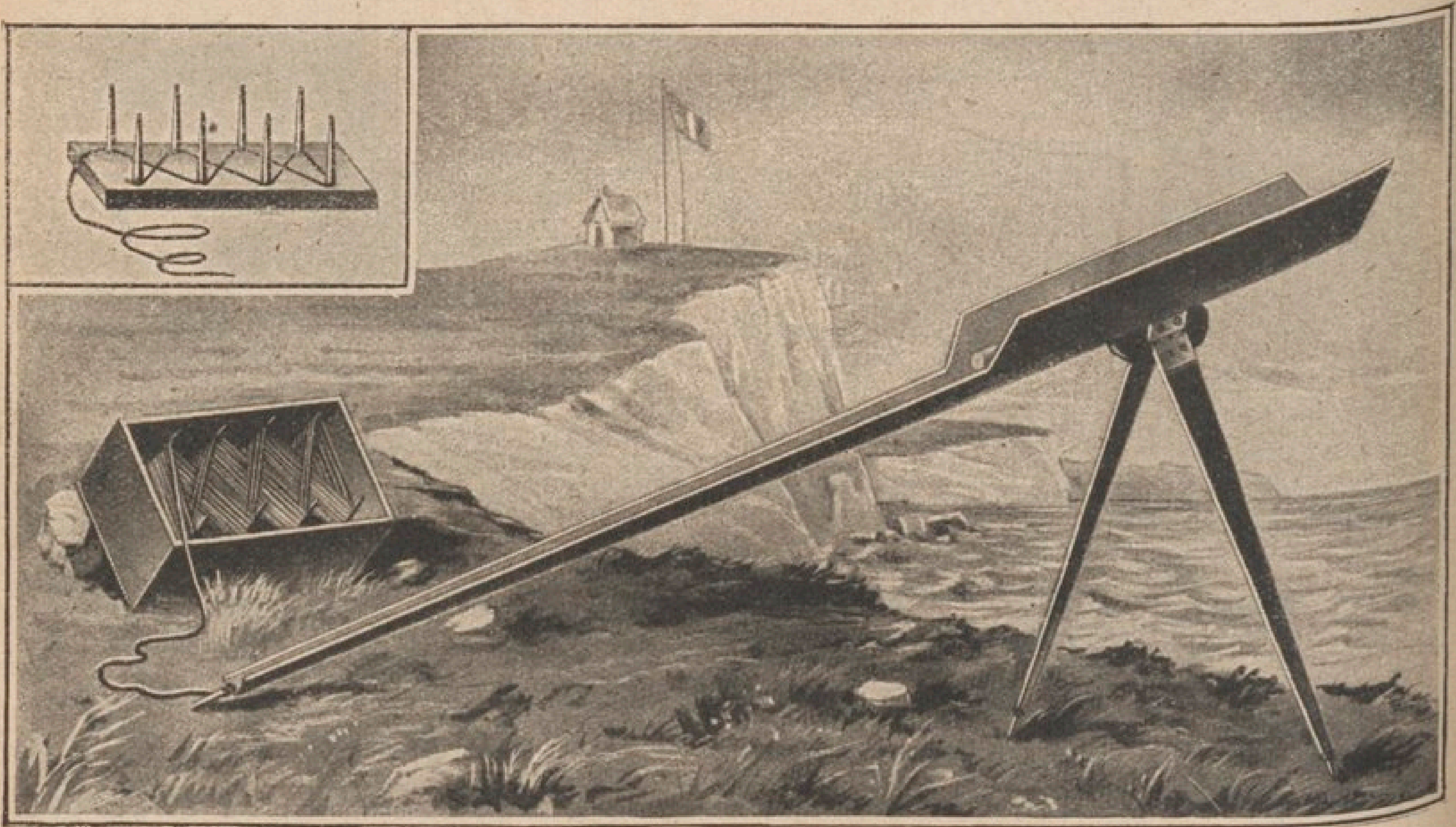
PÉTARD DE CHEMIN DE FER QUE LA FERMETURE DU SIGNAL FAIT AVANCER AUTOMATIQUEMENT SUR LE RAIL ET QU'ÉCRASENT LES ROUES DE LA LOCOMOTIVE



PÉTARD QUE L'ON POSE A LA MAIN SUR LES RAILS, LES JOURS DE BROUILLARD

de jour. L'effet de cette pièce, sans feu apparent, consiste à simuler un vol d'oiseaux, apparaissant tout à coup dans les nues et s'éloignant lentement vers l'horizon; la bombe est remplie de centaines de carrés de papier, d'un format uniforme d'environ sept centimètres de côté. L'explosion de la poudre éparpille le papier, dont les morceaux, emportés par le vent, donnent l'illusion d'une gaie envolée de moineaux.

Les serpenteaux, lardons, crapauds, marrons et saucissons ne sont qu'une variété de pétards qui, vus à quelque distance, produisent des effets de tous points semblables.



DISPOSITIF POUR LE LANCEMENT DES FUSÉES PORTE-AMARRES

Le fil que la fusée entraîne est enroulé dans une boîte, de telle sorte qu'il ne peut jamais s'emmêler et interrompre la marche de l'engin aérien. (Voir la petite figure dans l'angle supérieur gauche du dessin). Le fil peut être lancé jusqu'à quatre cents ou cinq cents mètres.

La chandelle romaine, tirée isolément, est à peu près insignifiante, mais, en batterie, elle donne toujours un magnifique spectacle. C'est une cartouche un peu longue, dans laquelle on introduit plusieurs étoiles séparées entre elles par une composition fusante.

C'est par l'arrangement et la combinaison de ces différents éléments que l'on établit les pièces montées: cascades, soleils, gloires, caprices et girandoles qui, en tournant verticalement ou horizontalement, projettent des cascades de feu ou représentent un monument, une allégorie, un décor dont les contours sont tracés par des lignes de feu.

Tout feu d'artifice se termine enfin par un bouquet composé d'une grande quantité de fusées qui s'élèvent d'un même point. Il en est qui comportent jusqu'à 20.000 fusées.

Certains de ces feux d'artifice, avant la guerre, coûtaient jusqu'à 40 et 50.000 francs, nécessitant des charpentes nombreuses, qui, échelonnées sur plusieurs plans successifs, représentaient d'importantes constructions et demandaient, pour être tirés méthodiquement et sans interruption, une nombreuse équipe d'artificiers.

P. MARCHESINI.

LE REMONTAGE AUTOMATIQUE DES APPAREILS D'HORLOGERIE

Par R. CHEVALIER

INGÉNIEUR E.P.C.I.

PAR la multiplicité des dispositions mécaniques qu'elle emploie, l'horlogerie offre, pour chaque problème qu'elle pose, un champ presque illimité à l'imagination des chercheurs. Cette propriété a fait de la chronométrie l'une des sciences les plus travaillées ; d'ailleurs, par les résultats obtenus dans cette branche de l'activité humaine, on est parvenu à mesurer le temps avec une précision telle que l'erreur qui peut être commise est de l'ordre du millionième.

Les chercheurs ont, de tout temps, montré un acharnement extraordinaire dans la création de dispositifs capables d'être substitués à l'homme pour effectuer le remontage des poids ou des ressorts moteurs. Les moyens proposés sont légion et, bien que peu soient passés dans le domaine de la pratique, l'étude de quelques solutions préconisées par les amateurs du mouvement perpétuel, bien que vouées à l'immobilité éternelle, ne manque pas d'intérêt parce que chacune d'elles, émanation d'un cerveau insuffisamment meublé, concrétise l'utopie.

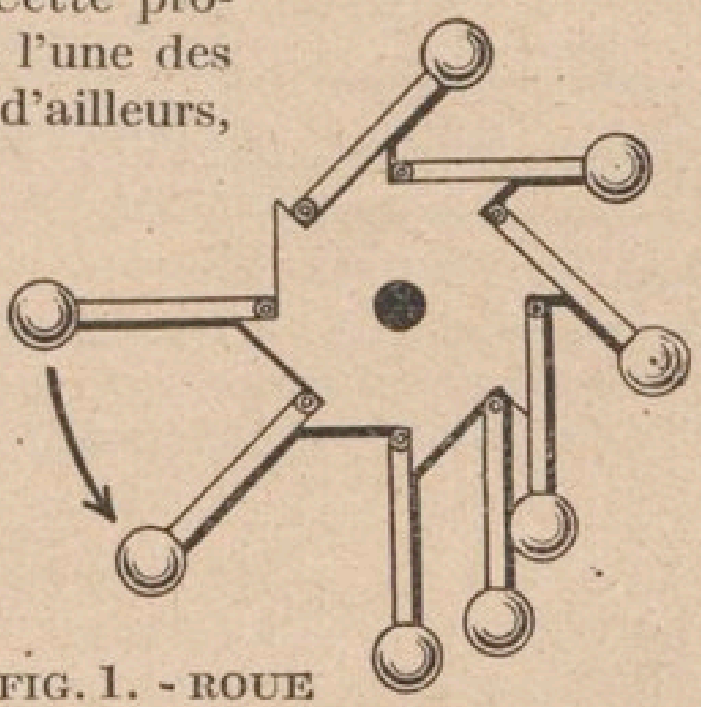


FIG. 1. - ROUE A MOUVEMENT PERPÉTUEL

Ce système est basé sur une illusion : il semble que les masses de gauche, plus éloignées du centre, doivent entraîner la roue dans le sens de la flèche ; il n'en est rien.

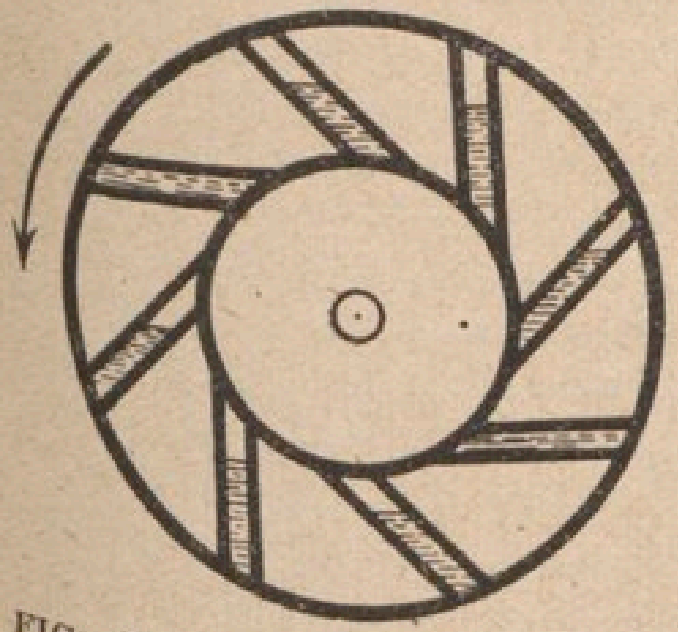


FIG. 2. — AUTRE TYPE DE ROUE A PRÉTENDU MOUVEMENT PERPÉTUEL

Les boules sont remplacées ici par des tubes de mercure.

La plupart des machines dites à mouvement perpétuel reposent sur une erreur mécanique ; elles appartiennent généralement au type *roues* et cherchent à accroître artificiellement le moment d'inertie sur l'un des côtés du mobile.

Le système de roue à rochet représenté figure 1 est nettement caractéristique de l'erreur commise par l'inventeur : chacune des encoches de la roue porte des leviers de métal articulés à leur base et munis à leur extrémité d'un petit poids sphérique.

A l'examen de la figure, il semble que les boules de gauche, plus éloignées du centre que celles de droite, entraîneront la roue dans le sens de la flèche. Malheureusement, le nombre des masses de droite, plus grand que celui des masses de gauche, crée un moment total rigoureusement égal à celui fourni par les masses de gauche. On se trouve alors dans des conditions d'équilibre excluant physiquement tout mouvement.

Une erreur semblable a été commise par l'inventeur du système représenté figure 2, et dans lequel les leviers à masse sont remplacés par des tubes, partiellement remplis de mercure, inclinés sur l'axe de rotation de la roue. Comme dans le cas précédent, le déséquilibrage n'est qu'apparent ; un examen un peu attentif de la figure suffira à convaincre le lecteur que les masses mercurielles con-

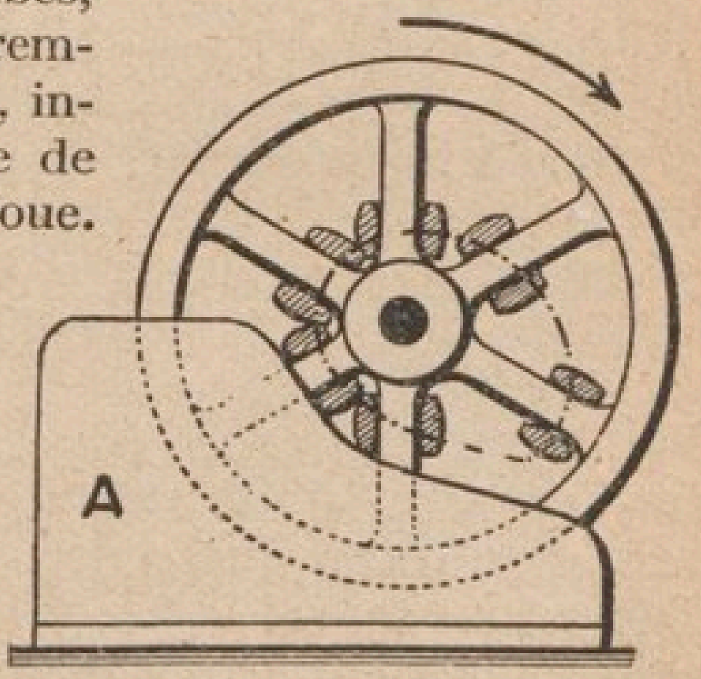


FIG. 3. — TROISIÈME TYPE DE ROUE POUR RÉALISER LE MOUVEMENT PERPÉTUEL

Les masses entraînant la roue sont manœuvrées par une came A.

tenues dans les tubes de droite et de gauche se font, elles aussi, rigoureusement équilibre.

L'inventeur du système représenté figure 3 a chargé un guide *A* de déplacer convenablement des masses coulissant sur les rayons d'une roue, mais... l'intervention de ce guide, outre qu'il introduit des frottements capables de paralyser la roue, si elle avait l'intention de bouger, ne peut arriver à rompre l'équilibre statique qu'une étude graphique suffirait à caractériser et que nous avons déjà constaté dans les deux premières dispositions étudiées.

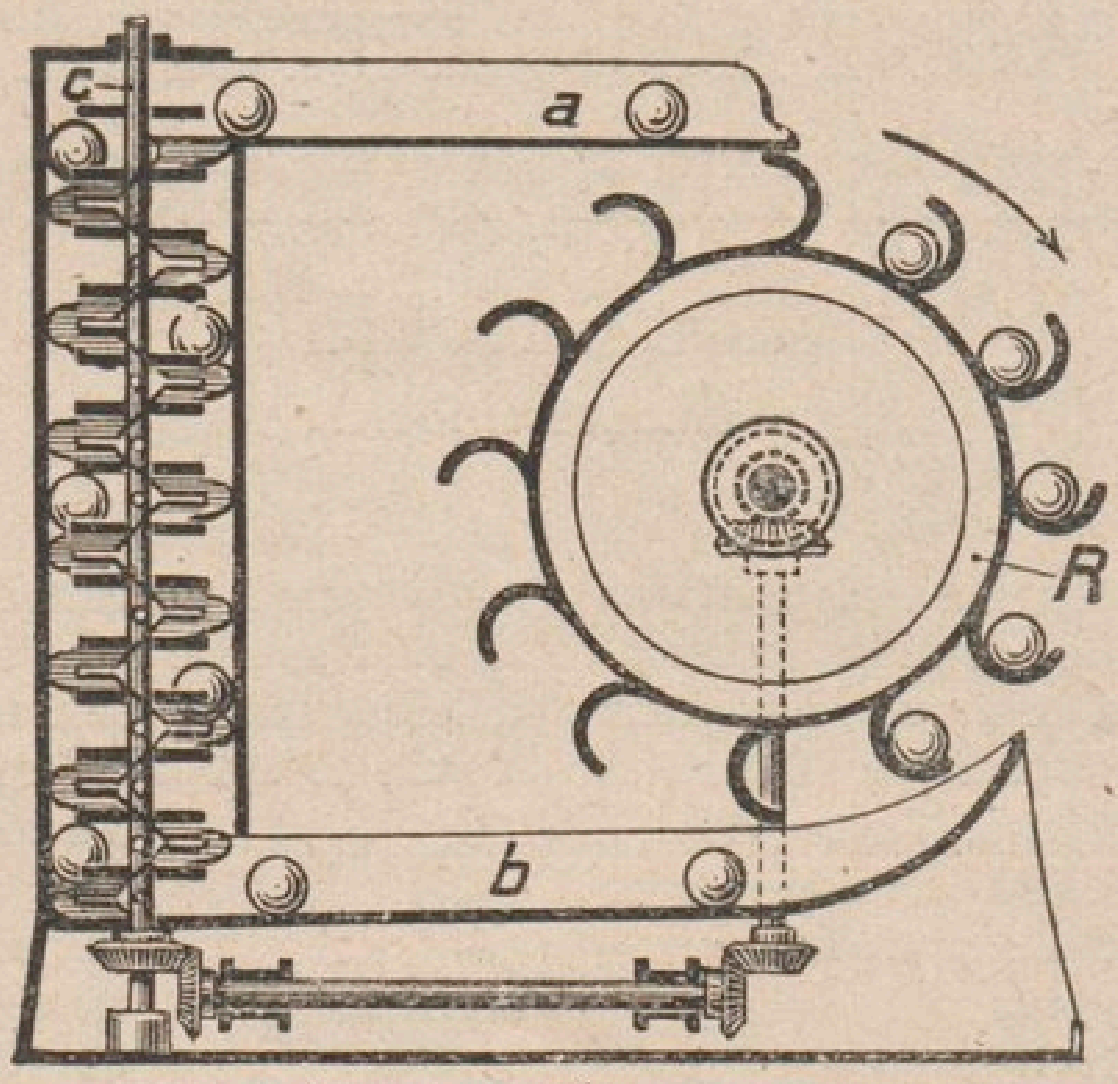


FIG. 4. — SYSTÈME A BILLES

L'inventeur pensait pouvoir obtenir un mouvement continu en faisant remonter une bille par la chute d'une autre bille et avoir, en plus, du travail utilisable.

Voici une autre invention, figure 4, plus compliquée mais tout aussi inerte que les précédentes : la roue à godets *R* doit tourner dans le sens de la flèche, sous l'action de billes pesantes tombant d'une gouttière supérieure *a*. Après avoir accompagné la roue *R* pendant une demi-révolution, et assuré ainsi sa rotation, les billes tombent dans une gouttière inférieure *b* qui les conduit à la base d'une vis sans fin. Cette dernière chargée de remonter les billes dans la gouttière supérieure, reçoit son mouvement de la roue *R* par l'intermédiaire d'une transmission mécanique composée d'arbres et de pignons coniques. Il est dommage que le travail fourni par la chute de la bille doive être entièrement dépensé pour la remonter dans la gouttière supérieure, car l'ensemble de l'appareil était joli ; d'ailleurs, certains horlogers exposent cet appareil en devanture en lui donnant la vie au moyen d'un ressort dissimulé dans le socle et actionnant la vis sans fin.

L'électricité et le magnétisme devaient tenter les amateurs du mouvement perpétuel. Nous trouvons dans une publication spéciale, *Cosmos*, la description d'un système pendulaire perpétuel empruntant son mouvement (?) à ces agents physiques :

« Un pendule oscillant autour du point *M* (fig. 5) porte un aimant *S N* à son extrémité ; les mouvements de cet aimant sont encadrés par deux autres aimants *P* et *Q* dont les pôles *N* et *S* sont disposés comme le montre la figure. Le pendule, attiré par l'aimant *P*, repoussé par l'aimant *Q*, oscille vers la gauche ; son mouvement est limité par l'arrêt *A* qui empêche le contact des pôles *S* du balancier et *N* de l'aimant *P*. La butée du balancier sur *A* provoque une rotation des aimants *P* et *Q* de 180° autour de leur axe; le pôle *S* du pendule est alors en présence du pôle *S* de l'aimant *P*, tandis que le pôle *S* de l'aimant *Q* est en présence du pôle *N* du balancier. Le pendule, attiré alors vers la droite, est confirmé dans ce mouvement par la pesanteur. Une nouvelle inversion des pôles se produit au moment de la butée contre *B* ; le mouvement pendulaire est ainsi entretenu indéfiniment, et la force acquise se trouve utilisée par l'encliquetage *G*. »

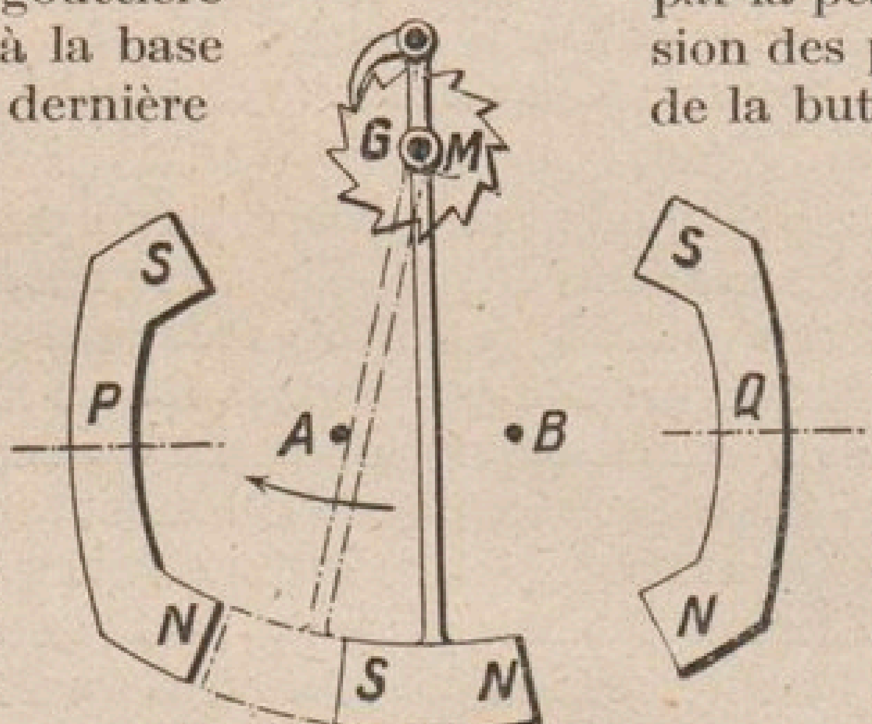


FIG. 5. — PENDULE ÉLECTROMAGNÉTIQUE A MOUVEMENT PERPÉTUEL

Le pendule, attiré par l'aimant P, *repoussé par* Q, *provoque, en touchant les butées* A *et* B, *la rotation de* P *et de* Q *et, par suite, l'inversion des actions magnétiques.*

L'Exposition universelle de 1900 vit une pendule décorée pompeusement du titre de pendule à mouvement perpétuel (fig. 6). Nous retrouvons dans cette pendule les masses rayonnantes mobiles de la figure 1, mais l'inventeur complique inutilement la théorie de l'appareil en faisant intervenir des actions magnétiques.

Autour d'une roue étaient groupés un grand nombre de leviers à deux branches formant angle droit, capables de pivoter autour du sommet de cet angle. A la partie supérieure du bâti de la pendule, un galet que l'inventeur dénom-

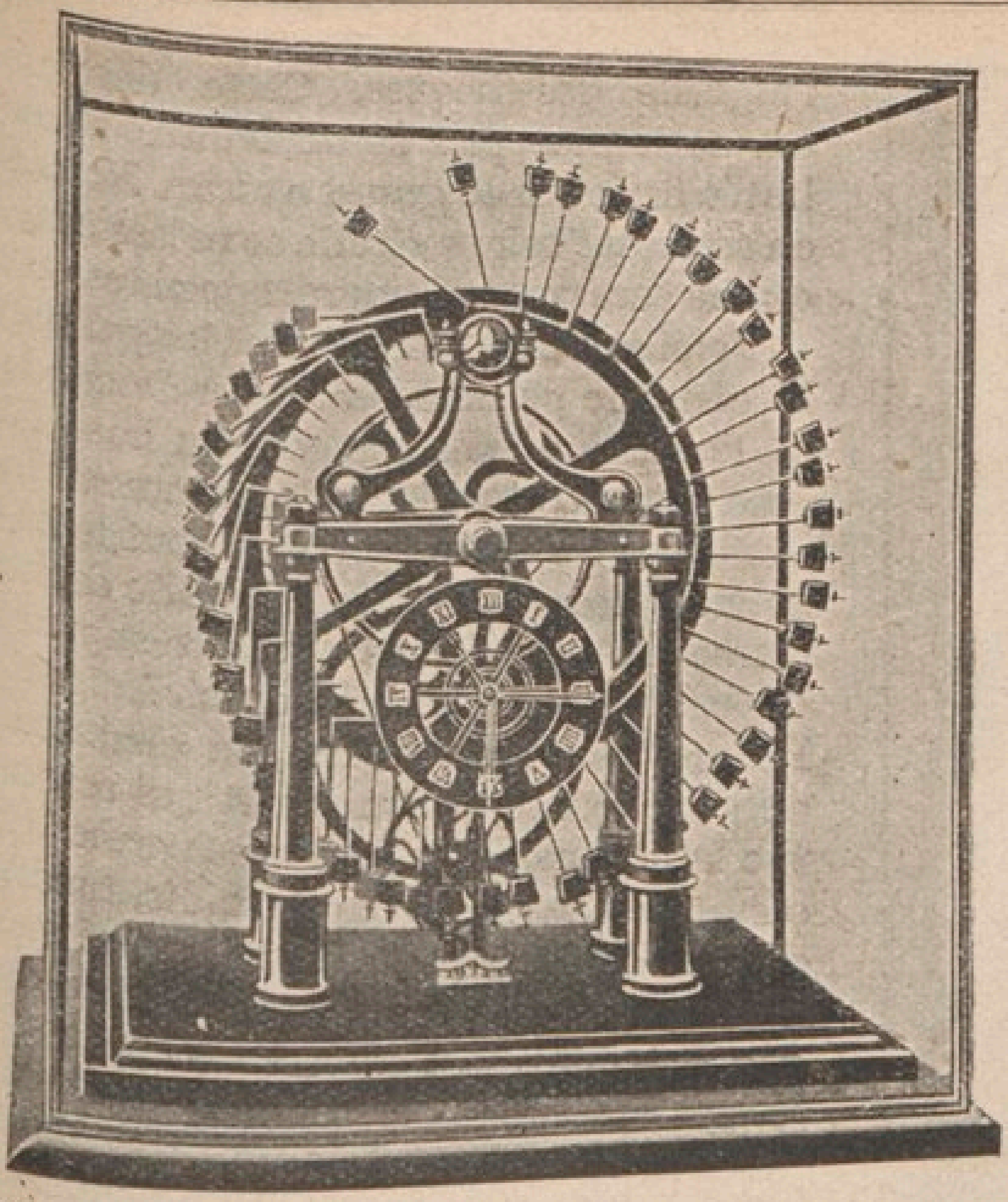


FIG. 6. — PENDULE A MOUVEMENT PERPÉTUEL DE M. LÉON PALIS

Le mouvement (?) est obtenu en écartant du centre des masses mobiles au moyen d'un dispositif magnétique placé en haut du bâti de la pendule.

mait « galet magnétique » agissait par répulsion sur les petits bras des leviers coudés et rendait, au passage de chaque levier devant lui, le grand bras normal à la roue.

En somme, le galet magnétique jouait le rôle de la came de la figure 3. L'inventeur avait soin d'ajouter, pour convaincre ses auditeurs, qu'à partir du moment où la masse commençait à s'élever jusqu'au moment où elle atteignait la position verticale, son poids était nul, la force répulsive agissant comme un courant d'air qui soulèverait la petite branche du levier coudé.

Ces explications fantaisistes ne réussirent pas à décider les aiguilles de la pendule à tourner, et ce prétendu « clou » de l'Exposition resta inerte depuis l'ouverture des portes jusqu'à leur fermeture définitive.

Nous n'insisterons pas sur ces conceptions, dont le seul mérite est l'originalité ; l'état actuel des sciences physiques permet d'affirmer qu'aucun appareil moteur n'empruntant pas d'énergie à l'ambiance ou à l'extérieur n'est susceptible de fonctionner.

On a obtenu de bons résultats dans la voie du remontage automatique des pendules en utilisant judicieusement l'action des agents physiques. Le plus généralement, les inventeurs se sont servis de l'électricité, mais avant d'entreprendre l'étude de ces procédés, nous ne résistons pas au désir de signaler à nos lecteurs deux applications originales de phénomènes se rattachant à l'étude de la chaleur, que l'on ne s'attend guère à rencontrer associées avec des mouvements d'horlogerie.

La première est la pendule à alcool de M. Hour (fig. 7). Le bâti de cette pendule est constitué par deux gros tubes, communiquant par une conduite dissimulée dans le socle avec un troisième tube vertical placé entre eux. Ce dernier est finement ondulé, et tous sont remplis d'alcool. Sous l'influence d'une élévation de température de quelques degrés, la masse liquide se dilate, obligeant le tube central à allonger ses ondulations. Le mouvement de l'extrémité du tube est transmis par deux bielles, nettement visibles sur la figure, à deux leviers coudés divergents placés sur le devant de l'appareil. Le mouvement, amplifié par les leviers, est utilisé pour remonter le ressort moteur de la

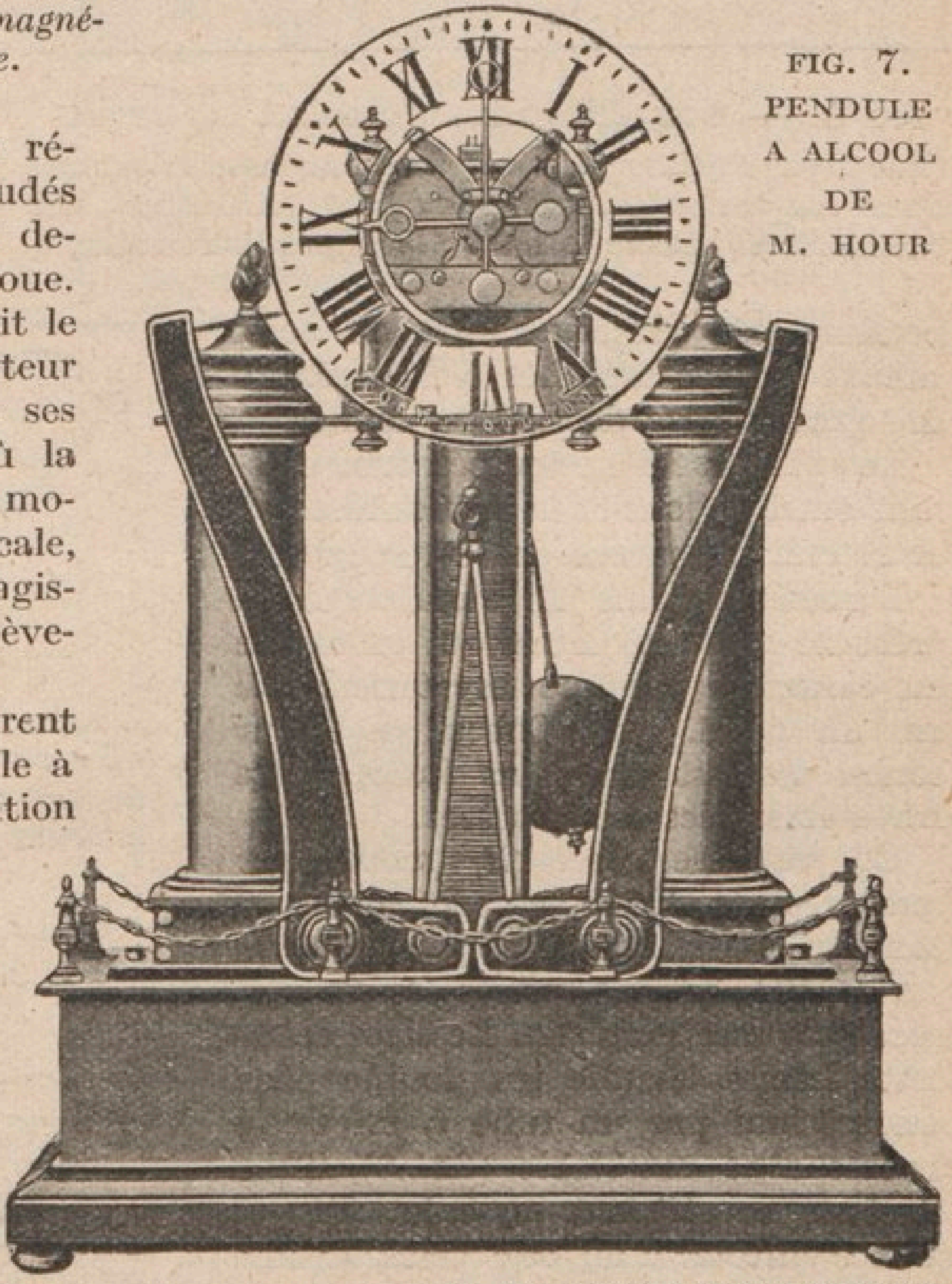


FIG. 7. PENDULE A ALCOOL DE M. HOUR

Le remontage de cet appareil d'horlogerie se fait à chaque variation de température en utilisant l'effort fourni par la dilatation ou la contraction de l'alcool contenu dans les deux tubes sur lesquels repose le rouage de la pendule.

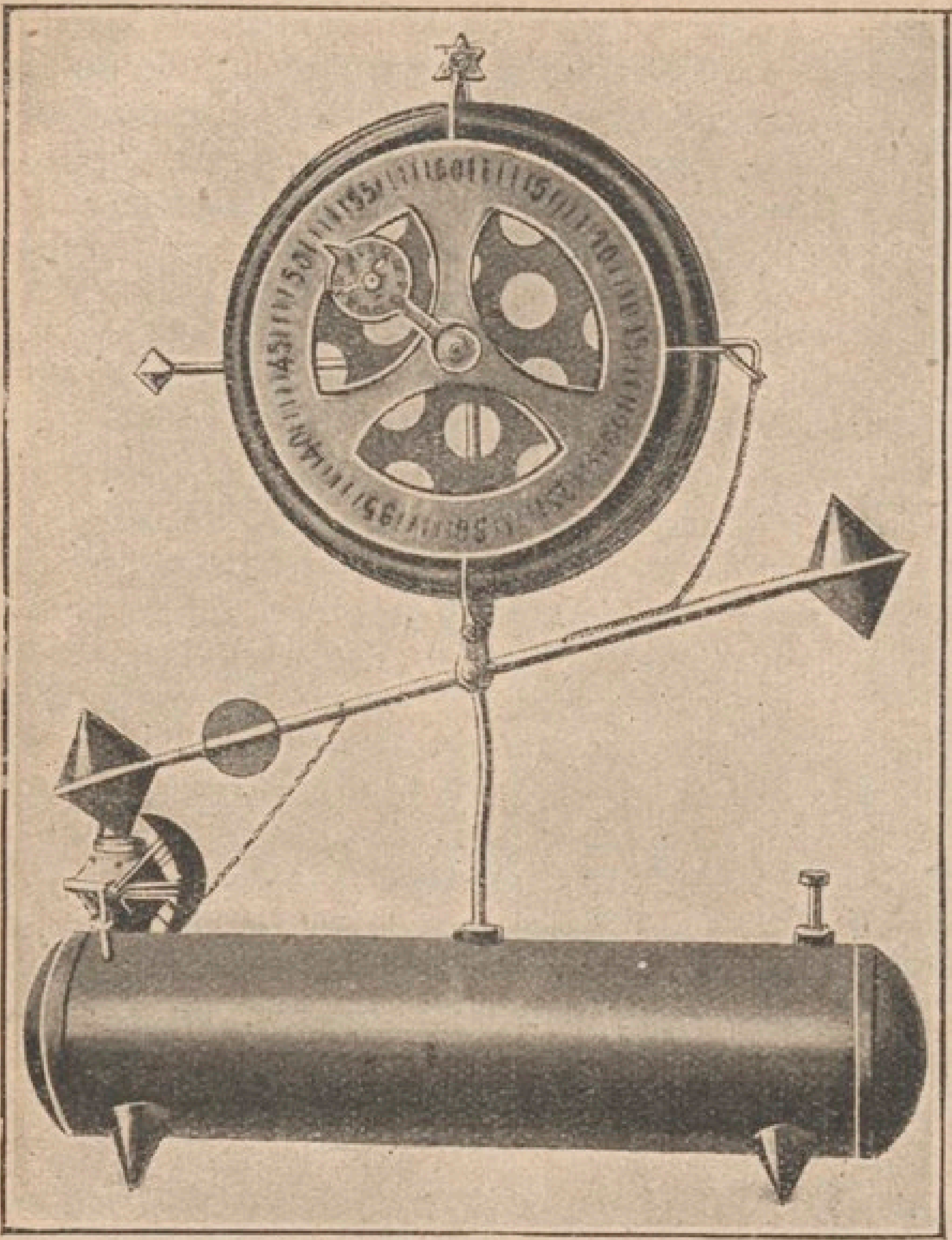


FIG 8. — HORLOGE THERMIQUE DE M. CORNU

Cette horloge utilise pour son fonctionnement la flamme d'une lampe à alcool qui produit, en l'échauffant, des basculements successifs d'un « bouillant de Franklin ».

pendule par l'intermédiaire de deux rubans d'acier attachés à l'extrémité des grands bras des leviers coudés.

Les différences de température existant entre le jour et la nuit suffisent à entretenir la marche de cette pendule.

L'autre système de remontage se présente sous une forme qui lui donne un caractère presque mystérieux. Il est dû à M. Paul Cornu, ingénieur connu surtout pour ses intéressants travaux sur les hélicoptères.

Un vulgaire réservoir, monté sur quatre pieds, tient lieu de socle ; il contient deux litres d'alcool et porte sur la gauche une petite lampe placée dans une lanterne. La flamme de cette lampe chauffe un double cône creux réuni par un tube à un autre double cône semblable (fig. 8). Tube et cônes constituent un balancier qui pivote autour d'un axe central ; une chaînette, celle de droite, entraîne par l'intermédiaire d'un cliquet une grande roue sur laquelle est fixée l'aiguille des minutes qui forme cadran pour l'aiguille des heures. Cette dernière est actionnée par la rencontre d'une butée fixée sur le grand cadran. Notons en passant l'originalité de ce mécanisme, qui ne comporte ni engrenage ni ressort.

Voici comment fonctionne le système : le cône de gauche, étant au-dessus de la flamme, s'échauffe, et, au bout de cinq secondes, quitte brusquement sa position et s'élève en entraînant le balancier jusqu'à ce que le cône de droite vienne se poser sur la pointe-support fixée également sur le réservoir à alcool. Pendant ce mouvement, la chaînette de gauche tire sur un volet qui recouvre la flamme de la lampe et permet au cône de gauche de se refroidir, tandis que la chaînette de droite a tiré sur le cliquet et fait avancer la pendule de dix secondes. Au bout de cinq nouvelles secondes, le double cône de gauche, refroidi, redescend, démasque la flamme de la lanterne et un nouveau réchauffement de cinq secondes a lieu, suivi des mêmes phénomènes que plus haut. La pendule reçoit une impulsion à chaque ascension du cône de gauche, c'est-à-dire toutes les dix secondes.

Le petit double cône que l'on remarque à gauche du cadran sert de contrepoids pour relever le cliquet.

L'inventeur a fait un secret du fonc-

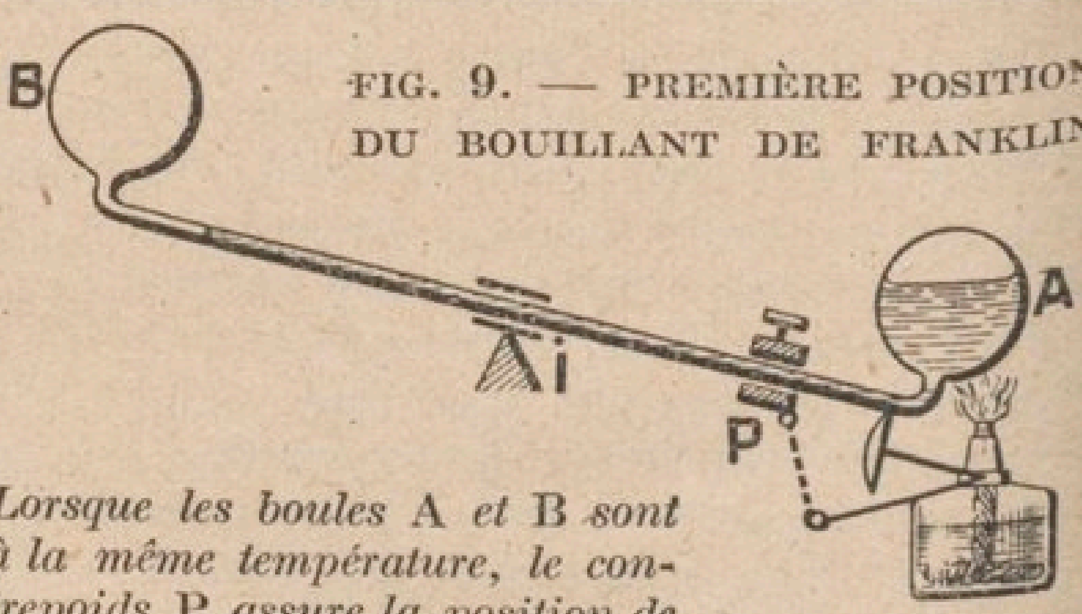


FIG. 9. — PREMIÈRE POSITION DU BOUILLANT DE FRANKLIN

Lorsque les boules A *et* B *sont à la même température, le contrepoids* P *assure la position de la boule* A *sur la flamme de la lampe à alcool.*

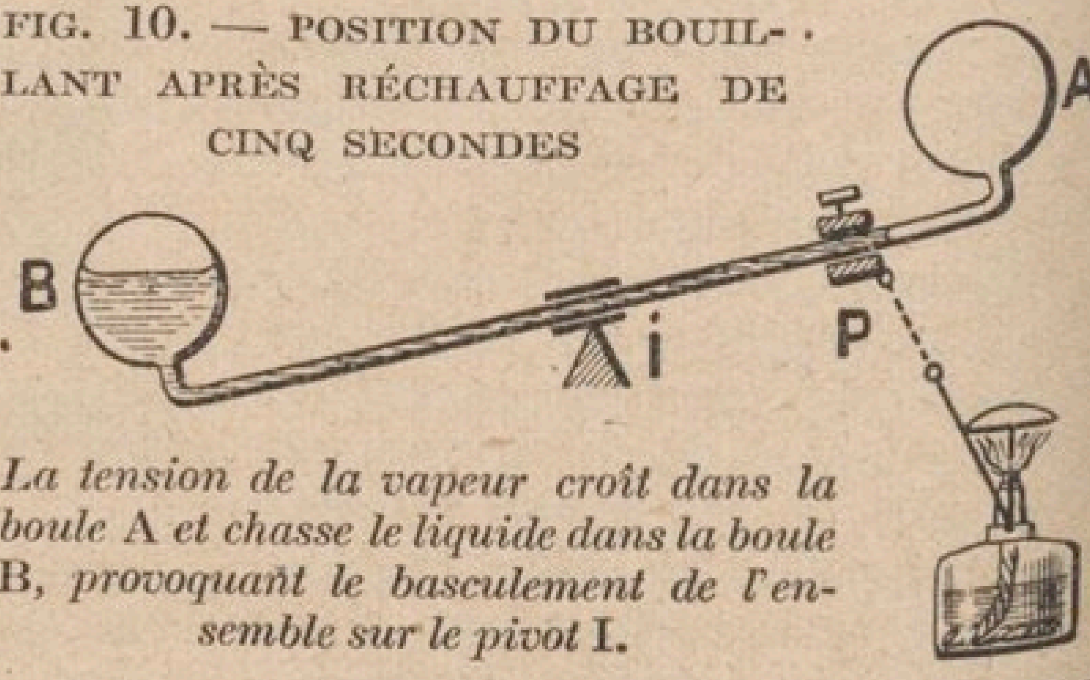


FIG. 10. — POSITION DU BOUILLANT APRÈS RÉCHAUFFAGE DE CINQ SECONDES

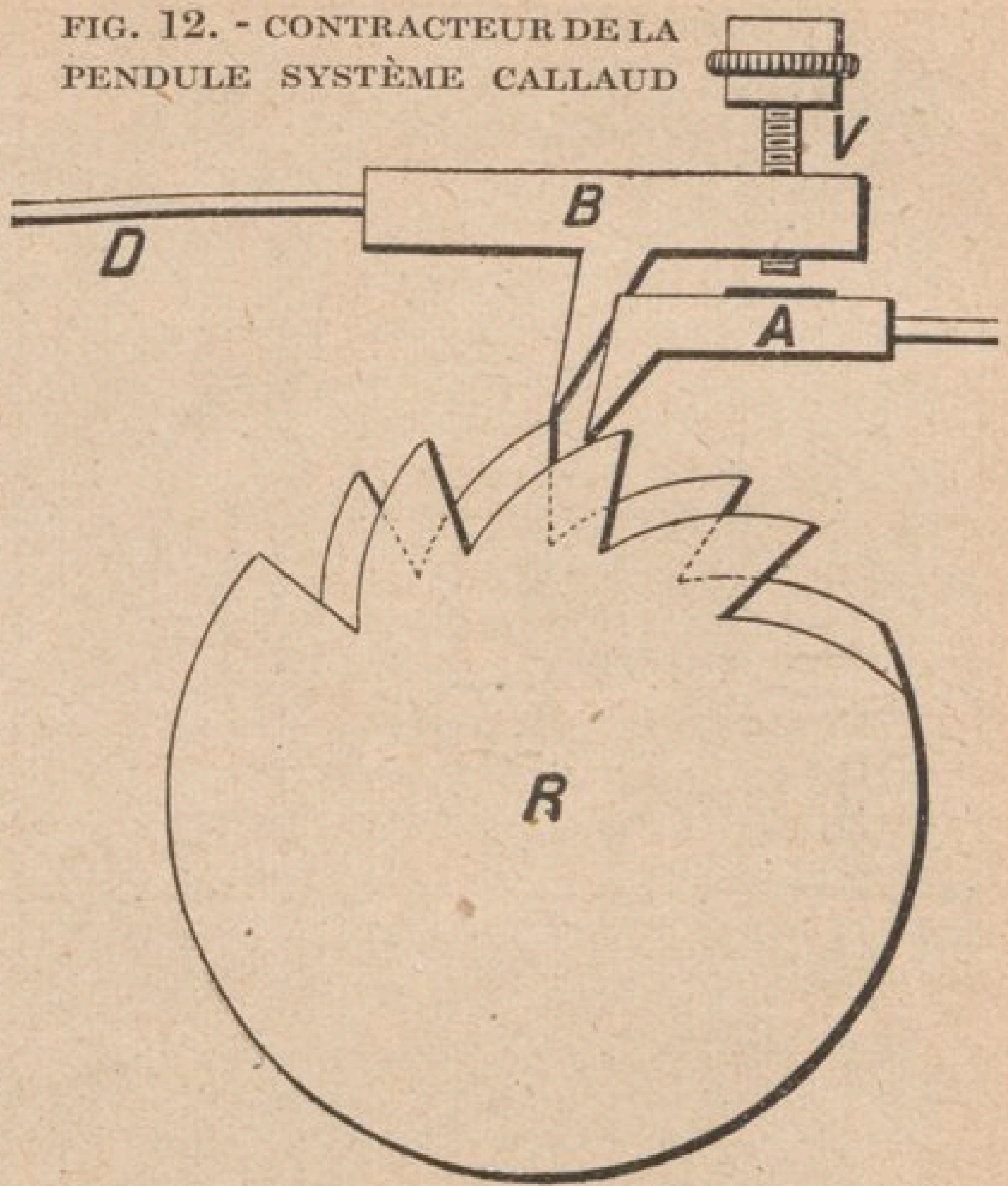
La tension de la vapeur croît dans la boule A *et chasse le liquide dans la boule* B, *provoquant le basculement de l'ensemble sur le pivot* I.

tionnement de cet appareil, mais il est fort probable, il est même certain que le mouvement de cette pendule originale résulte des propriétés du « bouillant de Franklin ».

Les doubles cônes métalliques masqueraient les deux boules en verre *A* et *B* (fig. 9 et 10) d'un bouillant de Franklin.

Cet appareil, composé de deux récipients *A* et *B*, reliés par un tube de verre, est rempli partiellement d'alcool et purgé d'air par ébullition de cet alcool au moment de la fermeture. La moindre différence de température entre les boules détermine des différences entre les pressions, ou plus exactement les tensions de la vapeur existant dans les boules au-dessus du niveau du liquide, et, par suite, détermine le déplacement du liquide de la boule la plus chaude vers la boule la plus froide. Ce phénomène se produisant sous l'influence de la chaleur émise par la lampe à alcool, provoque le basculement du balancier. En déplaçant le disque que l'on voit sur le bras gauche du balancier, on modifie la quantité d'alcool qui doit passer d'une boule à l'autre pour produire le basculement, et, par suite, le temps séparant les oscillations du balancier.

FIG. 12. - CONTRACTEUR DE LA PENDULE SYSTÈME CALLAUD



R, *double rochet faisant un tour en dix minutes;* A, *pièce commandée par le rochet antérieur;* B, *pièce commandée par le rochet postérieur.* — *L'appareil est réglé de façon que la pièce* B *tombe deux secondes avant* A, *établissant un contact électrique entre* A *et* V.

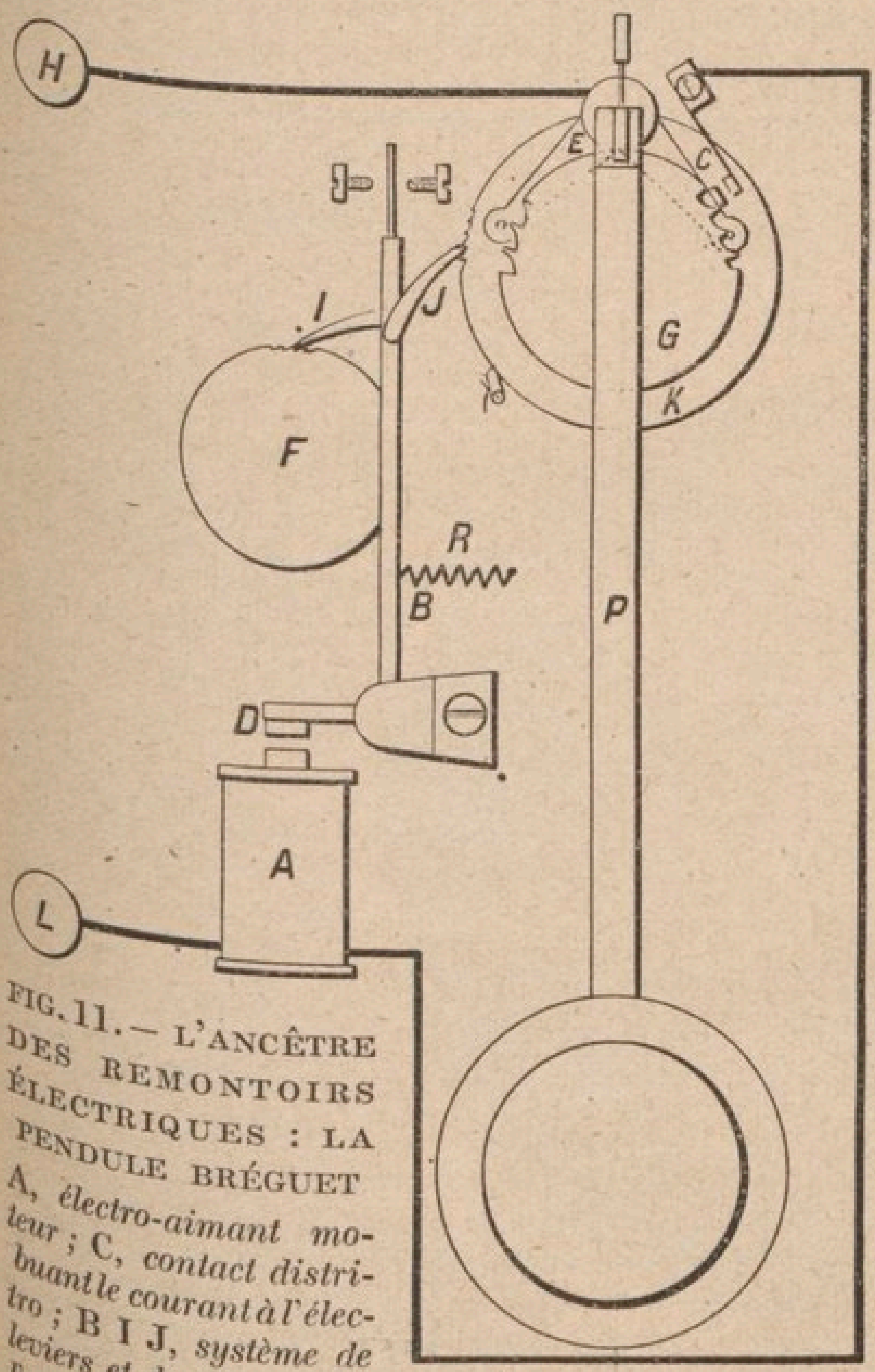


FIG. 11. — L'ANCÊTRE DES REMONTOIRS ÉLECTRIQUES : LA PENDULE BRÉGUET

A, *électro-aimant moteur;* C, *contact distribuant le courant à l'électro;* B I J, *système de leviers et de cliquets transmettant les mouvements de l'armature* D *aux rochets* F, *commandant les aiguilles, et* K, *commandant la roue d'échappement* G ; L, H, *bornes d'arrivée et de sortie du courant ;* R, *ressort de rappel du système* D B I J ; P, *pendule ;* E, *échappement.*

Ces systèmes, malgré l'intérêt qu'ils présentent, n'ont qu'une valeur de curiosité, et c'est à peu près uniquement l'électricité qui, aujourd'hui, est chargée de l'entretien du mouvement de nos pendules.

Les progrès des procédés employés ont été parallèles à ceux des procédés de distribution et d'unification d'heure.

Ces procédés se divisent d'ailleurs en deux grandes catégories : ceux dans lesquels on utilise les effets de l'électricité pour remonter le poids ou tendre le ressort moteur et ceux dans lesquels on emploie l'électricité pour communiquer au balancier des impulsions suffisantes pour compenser l'amortissement des oscillations et permettre d'utiliser son mouvement pour actionner les aiguilles de l'appareil.

Les horloges utilisant les premiers procédés sont dites *horloges à remontoir*, tandis que celles qui basent leur fonctionnement sur les seconds systèmes sont appelées *horloges à entretien pendulaire*.

La première pendule à mouvement entre-

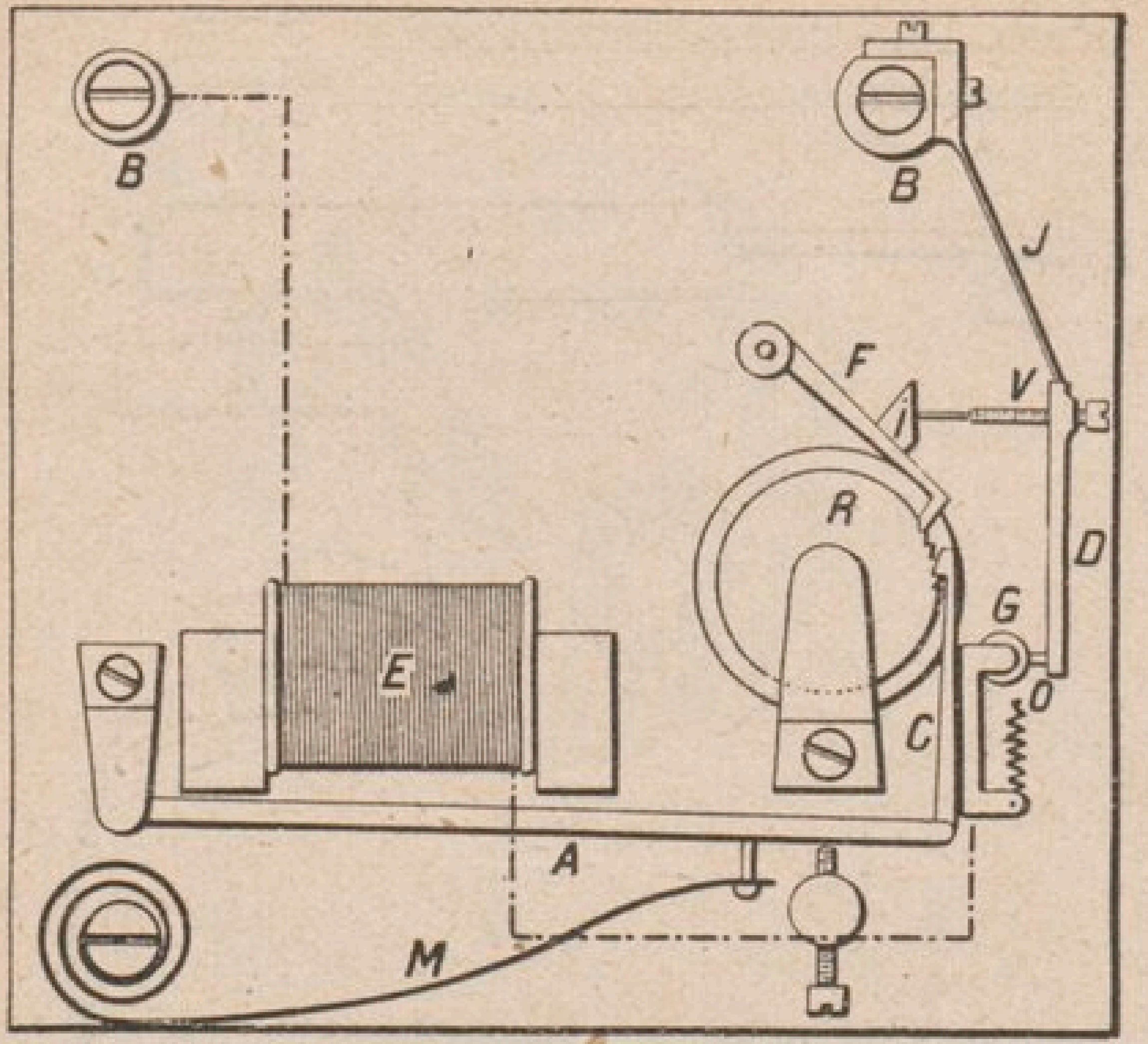


FIG. 13. — SCHÉMA DE LA PENDULE A REMONTOIR SYSTÈME RECLUS

E, *électro-aimant moteur;* A, *armature de l'électro-aimant. (A chaque attraction, l'armature* A *tend le ressort* M *qui, par l'intermédiaire du cliquet* C *et du rochet* R, *assure la marche de la pendule pendant trente secondes)* ; G O, *pièces dont le contact laisse passer le courant devant exciter l'électro;* J V D, *pièces destinées à amener* G *et* O *au contact lorsque le cliquet* F *tombe au fond d'une dent du rochet (*G *et* O *se trouvent séparés lorsque* C, *poussé par l'armature* A, *monte d'une dent sur le rochet.)*

tenu électriquement est due à Bréguet ; elle était à remontoir (fig. 11). Le courant arrivait dans cette pendule par deux bornes *H* et *L*. Lorsque le pendule *P* oscillait vers la droite, l'échappement *E* établissait un contact en *C*, et le courant parcourait l'électro-aimant *A*. L'armature *D*, attirée, provoquait l'avancement des aiguilles par l'intermédiaire de la pièce *B*, du cliquet *I* et du rochet *F*. Lorsque le balancier se déplaçait de droite à gauche, le courant était coupé en *C* et l'armature ramenée à sa position de départ par le ressort *R*. Un second cliquet *J* faisait alors avancer d'une dent le rochet *K*, remontant ainsi un ressort spiral qui provoquait automatiquement l'entraînement de la roue d'échappement *G*.

Dans cette pendule, la fréquence des émissions produisait l'usure rapide des piles motrices ; Callaud obvia en partie à cet inconvénient en n'utilisant qu'un envoi de courant par minute pour bander un ressort spiral ; celui-ci entraînait la roue d'échappement par un train d'engrenages multiplicateurs. Le contracteur (fig. 12) était constitué par un double rochet *R* à dix dents, faisant un tour en dix minutes. Sur le rochet d'avant frottait une pièce *A*, montée sur un ressort; une pièce *B*, pourvue d'une vis *V*, était maintenue intimement au contact du rochet arrière par un ressort *D*.

Les deux rochets tournant de droite à gauche, la pièce *B*, abandonnée par une dent, tombait avant la pièce *A* ; un contact s'établissait entre *V* et *A* et ne cessait que lorsque la pièce *A*, deux secondes après, tombait, abandonnée par une dent du rochet antérieur. Ce contact était utilisé pour envoyer toutes les minutes un courant dans l'appareil électro-remonteur.

Depuis, la pendule à remontoir a été très travaillée par les inventeurs. Mildé, Schweizer, Levis, Förster, Zimber, Hennequin, d'Arlincourt, Vacoti et Rosi, Favereau et bien d'autres imaginèrent différents procédés électriques qui, n'ayant pas eu d'applications industrielles, n'offrent plus aujourd'hui qu'un intérêt historique.

Toutefois, quelques firmes ont mis en circulation un assez grand nombre de pendules à remontoir, et l'on rencontre assez fréquemment des appareils signés : V. Reclus, David Perret, Silentia ou Paul

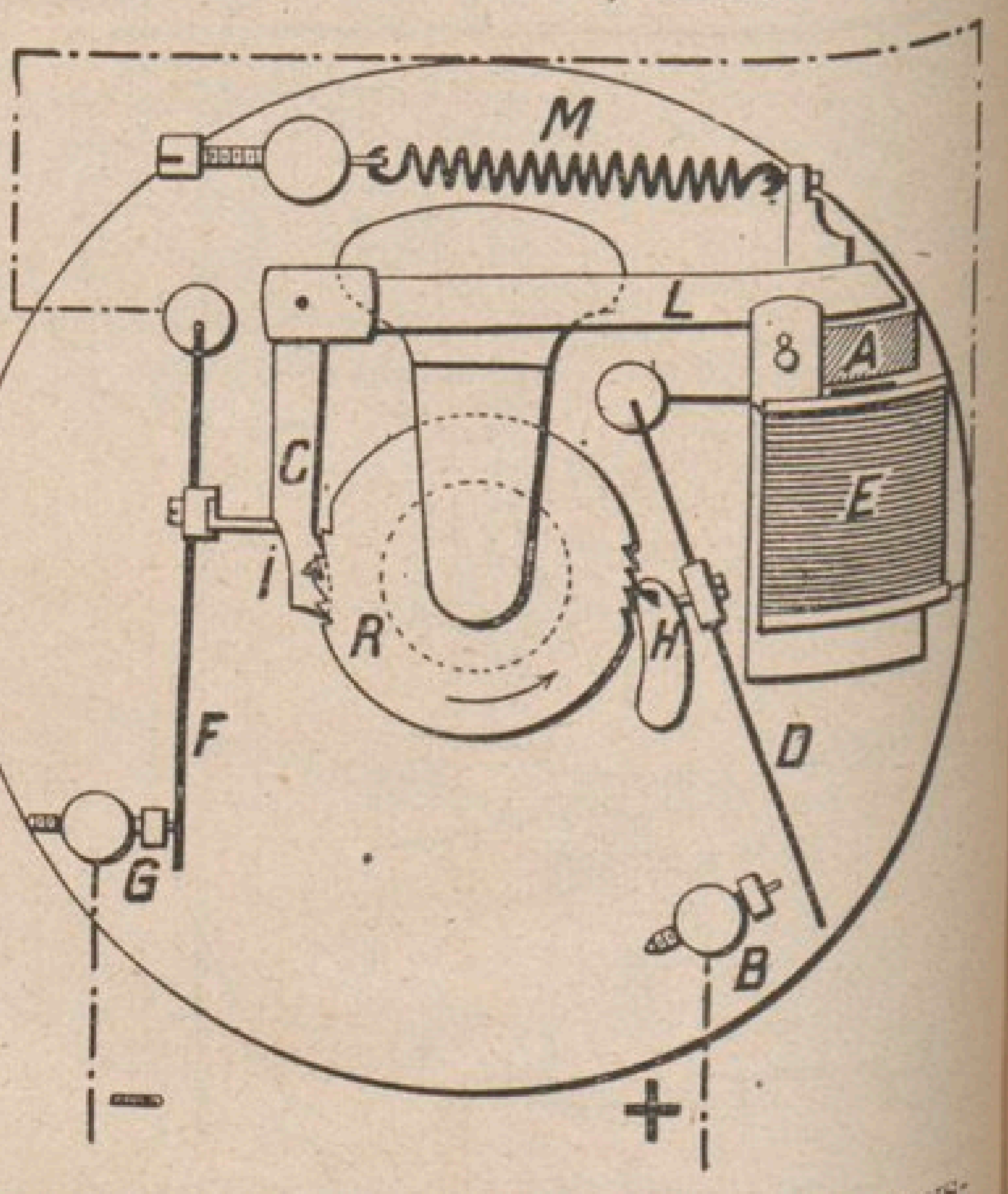


FIG. 14. — PENDULE A REMONTOIR SYSTÈME DAVID PERRET

A, *armature de l'électro-aimant* E. *(L'attraction de cette armature tend le ressort* M *dont la détente est utilisée pour entraîner le rouage de la pendule pendant une minute, par l'intermédiaire du cliquet* C *et du rochet* R.) B D, *pièces venant en contact lorsque le cliquet de retenue* H *tombe au fond d'une dent. (Cette mise en contact détermine le passage d'un courant dans l'électro.)* F G, *pièces dont le contact cesse lorsque l'armature arrive à fond de course. (Ce sont ces pièces qui interrompent le courant dans l'électro.)*

Garnier. Voici quelques précisions sur les mécanismes portant ces signatures :

Reclus a utilisé un électro-aimant semblable à ceux qu'il emploie dans ses récepteurs horaires. Les effets moteurs de cet électro-aimant *E* (fig. 13) sont transmis par l'intermédiaire de l'armature *A* et du cliquet *C* au rochet *R*, lié par un ressort spiral, toujours armé, aux rouages de la pendule. Cette liaison a pour but d'assurer la continuité du mouvement pendant la durée du fonctionnement du système électro-magnétique.

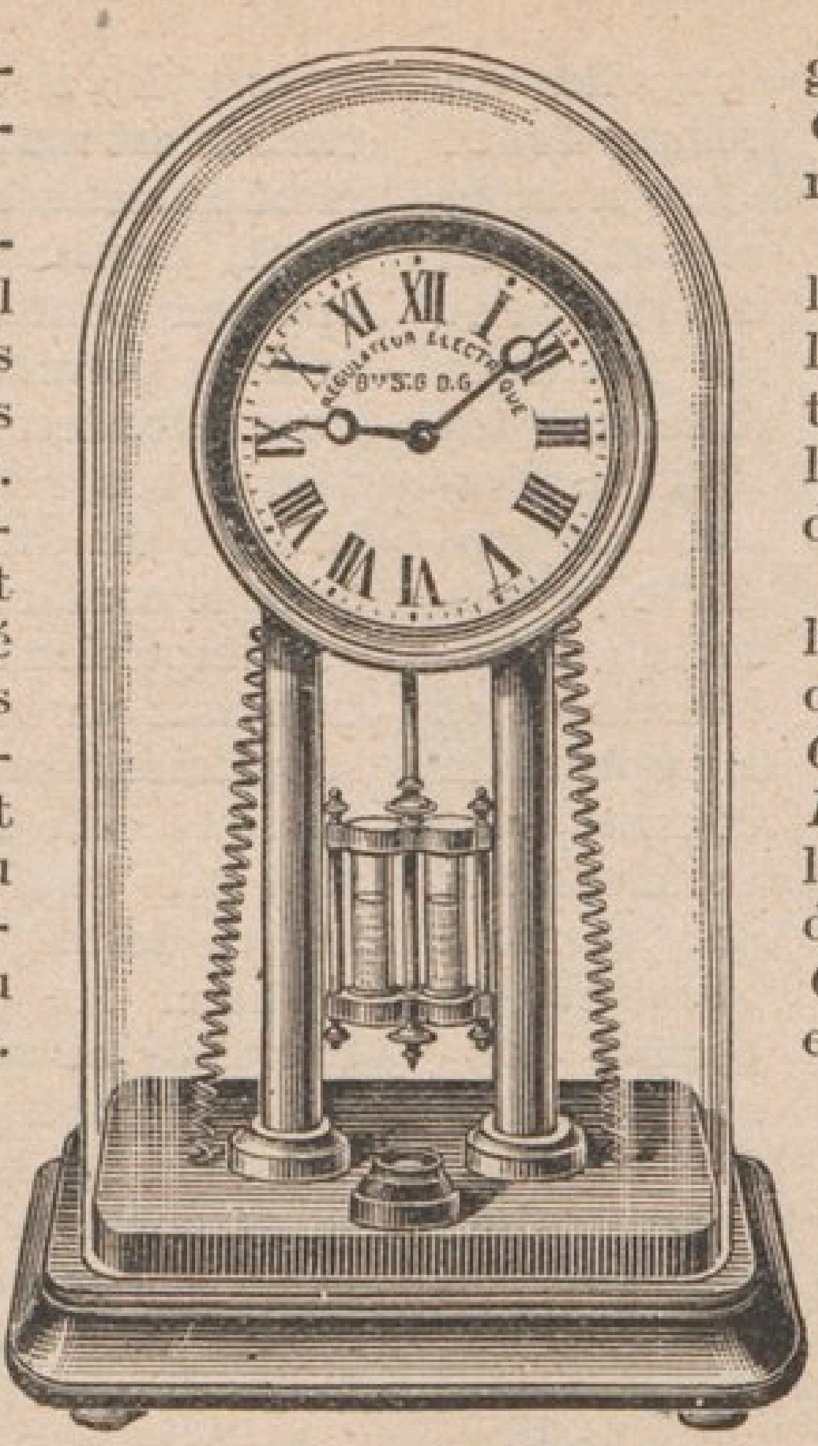


FIG. 15. — PENDULE-MÈRE A REMONTOIR, SYSTÈME RECLUS

Lorsqu'un courant parcourt l'électro, l'armature *A*, attirée, tend le ressort *M* et fait monter le cliquet *C* d'une dent sur le rochet. Le galet *G*, solidaire du cliquet, monte également, abandonnant dans ce mouvement la goupille d'or *O* pour provoquer la rupture du circuit électrique.

A ce moment, le ressort *M*, agissant sur l'équipage mécanique (armature et cliquet) tend à entraîner le rochet *R*, mais ce mouvement est retardé par l'action de l'échappement. *R* tourne donc lentement, le cliquet *C* et le galet reviennent vers leur position initiale, tandis que le cliquet de retenue *F* est soulevé par la dent du rochet avec laquelle il est en prise.

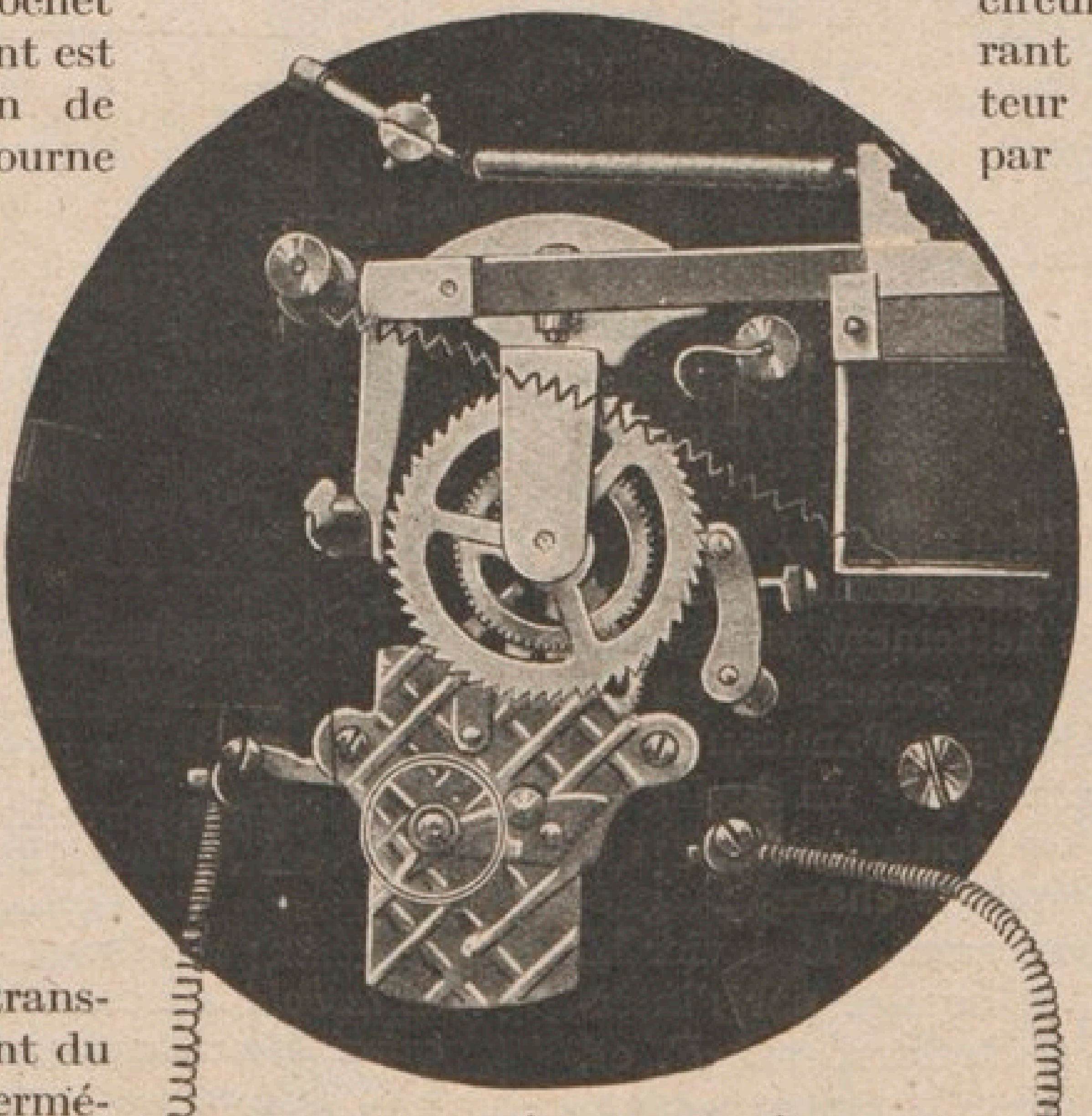


FIG. 16. — MÉCANISME D'UNE PENDULE A REMONTOIR D. PERRET

Afin d'éviter la fermeture du circuit électrique pendant le mouvement de retour du galet, on écarte la goupille *O* vers la droite en lui transmettant le mouvement du cliquet *F* par l'intermédiaire du grain *I*, de la vis *V* et de la pièce *D*. A la fin du mouvement, le rochet ayant tourné d'une dent, le cliquet *F* tombe au fond de la dent suivante, le ressort *J*, agissant sur la pièce *D*, libérée, ramène la goupille *O* au contact du galet *G* et un nouvel envoi de courant se produit aussitôt.

Comme celles de Reclus, les horloges de Perret utilisent l'effet moteur dû à la réaction d'un ressort tendu par le déplacement de l'armature d'un électro-aimant.

L'armature *A* (fig. 14) arme le ressort *M* en même temps qu'elle fait avancer le cliquet *C* d'une dent sur le rochet *R* ; le passage du courant dans l'électro *E* est réglé par le jeu de deux interrupteurs *B*, *D* et *G*, *F* ; l'interrupteur *G*, *F*, est commandé par le cliquet moteur *C* et l'interrupteur *B*, *D*, par le cliquet de retenue *H*. Pour que le courant passe dans l'électro, il faut que les deux interrupteurs soient au contact. Les organes de la pendule, amenés dans la position de la figure par la détente du ressort *M*, le rochet, tournant dans le sens de la flèche, provoque la chute du cliquet *H*, permettant à la lame *D* d'appuyer sur *B* en fermant le circuit. La rupture du courant faite par l'interrupteur *F*, *G* est provoquée par le déplacement du plan incliné *I* sous le cliquet C,

Les pendules Reclus et Perret ont des remontages excessivement rapides ; la durée du contact varie, en effet, de un cinquantième à un centième de seconde ; par suite, la dépense d'énergie est très faible, ce qui assure aux deux ou trois éléments de pile nécessaires au fonctionnement de ces appareils une durée de dix-huit mois à deux ans.

La Société « Silentia » emploie un petit moteur, capable de fonctionner avec deux éléments de pile, pour remonter, à des inter-

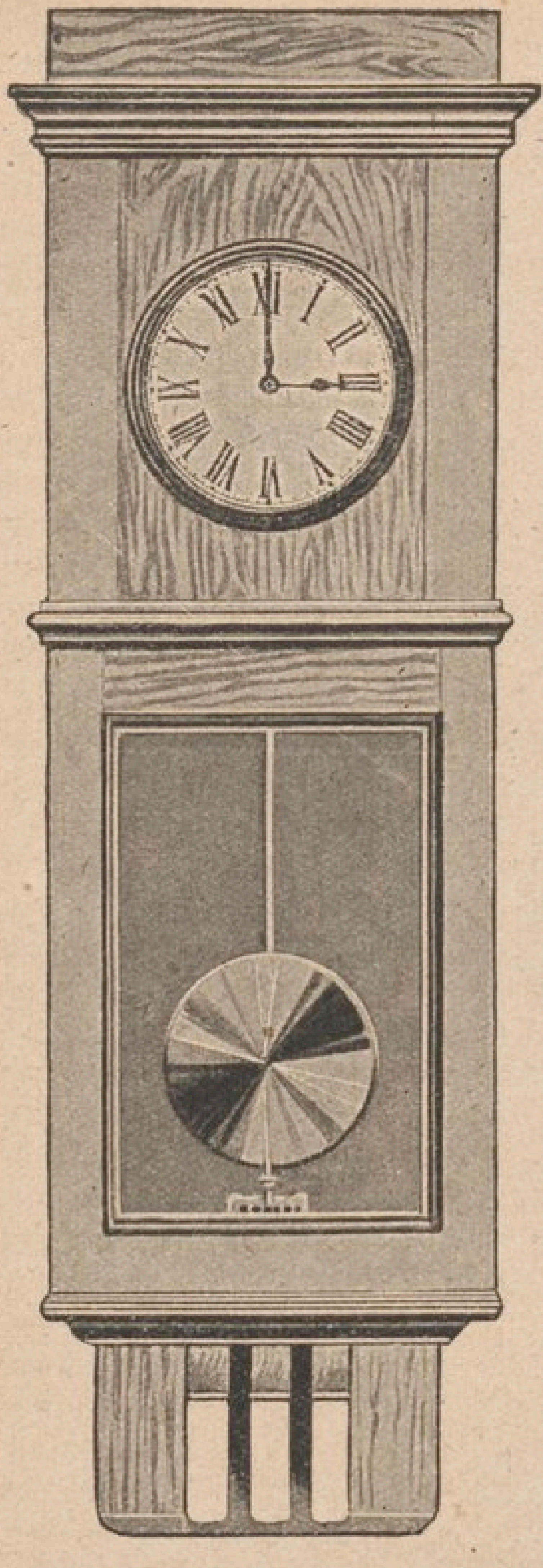


FIG. 17. — REMONTOIR-DISTRIBUTEUR PERRET

tervalles de temps assez éloignés, le ressort d'un mouvement de pendule différant peu d'un mouvement de pendule ordinaire ; l'établissement et la rupture du courant sont commandés par les mouvements du barillet contenant le ressort moteur.

La maison Paul Garnier, chargée de l'exploitation du procédé Grassot, a appliqué fort simplement le système électro-magnétique de cet inventeur à un remontoir électrique qu'elle emploie pour actionner les horloges-mères de ses distributions d'heure dans ses diverses installations.

Un champ magnétique fourni par un aimant à branches parallèles dont la branche antérieure *A* est très nettement visible sur notre dessin (fig. 18) est concentré et régularisé au pôle positif par l'anneau *D*.

Une bobine *B*, portée par un levier *L*, équilibre en partie un contrepoids *Q* qui soulève cette bobine dans le champ magnétique. Dans ce mouvement, le levier *L* entraîne, d'une part, le rouage par l'intermédiaire du cliquet *C* et du rochet *F*, et, d'autre part, un secteur *S* commandant un basculeur représenté en *I* (fig. 19) dans sa position de repos. Ce basculeur commande l'envoi des courants de la manière suivante : lorsque la bobine monte dans l'anneau, le secteur *S* entraîne, par la goupille isolée *G*, le levier *I*; celui-ci se déplace en tendant le ressort *R;* il arrive un moment où cette tension est maximum (fig. 19, II) ; ce point mort franchi, le ressort se détend brusquement, entraînant *I*, dont l'extrémité vient appuyer contre la goupille *H* reliée à la bobine, permettant le passage du courant dans cette dernière. La bobine, ramenée alors vers le bas, remonte le poids *Q* et fait basculer *I* de droite à gauche, interrompant ainsi le courant de remontage (fig. 19, III).

L'impulsion donnée au levier par le remontage fait parcourir à la bobine un chemin supplémentaire variant avec l'état de la pile. Lorsque celle-ci est neuve, les remontages sont plus espacés que lorsqu'elle a un long usage. Cette propriété du système permet d'utiliser les piles jusqu'à usure presque complète, ce qui est un précieux avantage.

Le lecteur a pu voir, par ces quelques descriptions, que les pendules à remontoir nécessitent une assez grande complication d'organes ; si l'on veut obtenir des sonneries, les mouvements deviennent alors de véritables forêts de roues, de cliquets et de leviers.

La pendule Reclus (fig. 22), donne une idée de cette complication ; il est vrai que cet appareil peut servir à la fois de pendule-mère et de distributeur de sonneries.

Les techniciens de l'horlogerie, soucieux de rendre automatique la marche des pen-

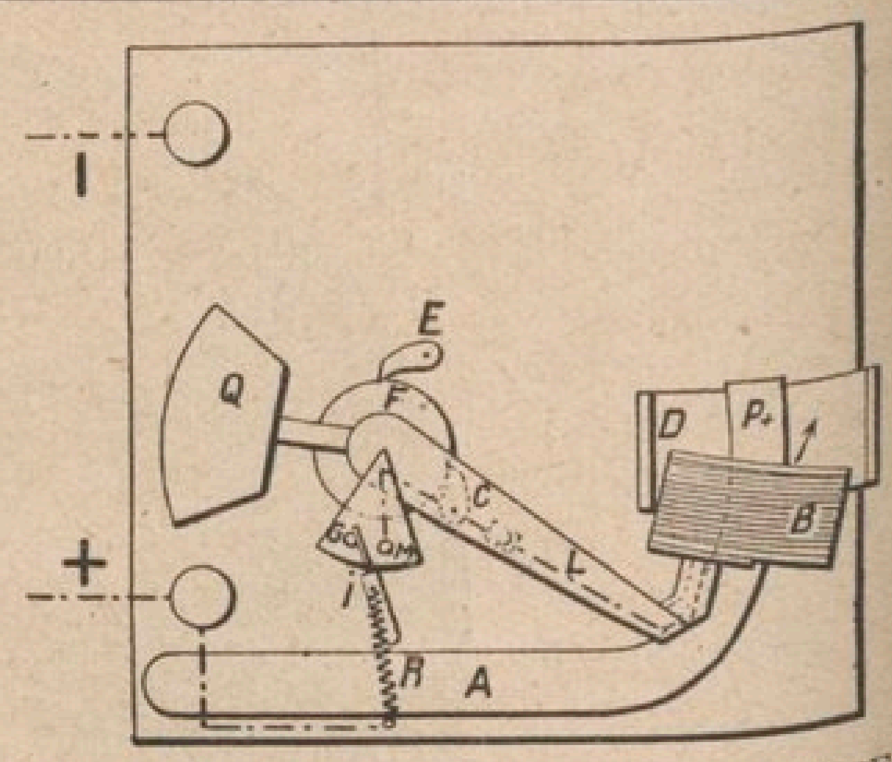


FIG. 18. — REMONTOIR ÉLECTRIQUE SYSTÈME PAUL GARNIER

B, *bobine qui, parcourue par un courant, se déplace à l'intérieur de l'anneau* D *dans un champ magnétique fourni par l'aimant* A; Q, *contrepoids relevé par les déplacements de la bobine. Ce contrepoids, redescendant, entraîne le rouage par le cliquet* C S G N I R, *système basculateur chargé d'établir le courant dans la bobine. (Lorsque le contrepoids* Q *arrive à fond de course, la pièce* I, *entraînée par* G *et soumise à l'action du ressort* R, *bascule, vient au contact de* M, *établissant le courant. Le remontage détermine le basculage vers* G *et la rupture.*

dules d'appartement, oublièrent pendant longtemps de faire profiter de leurs recherches le malheureux horloger chargé de l'entretien des horloges de clocher, condamné éternellement à gravir des escaliers et à s'atteler aux manivelles de remontage pour agir sur des poids parfois très lourds. On finit cependant par penser à lui, et, à l'Exposition de 1900, MM. Château, père et fils, exposèrent un remontoir susceptible d'être appliqué aux grosses horloges de nos monuments publics.

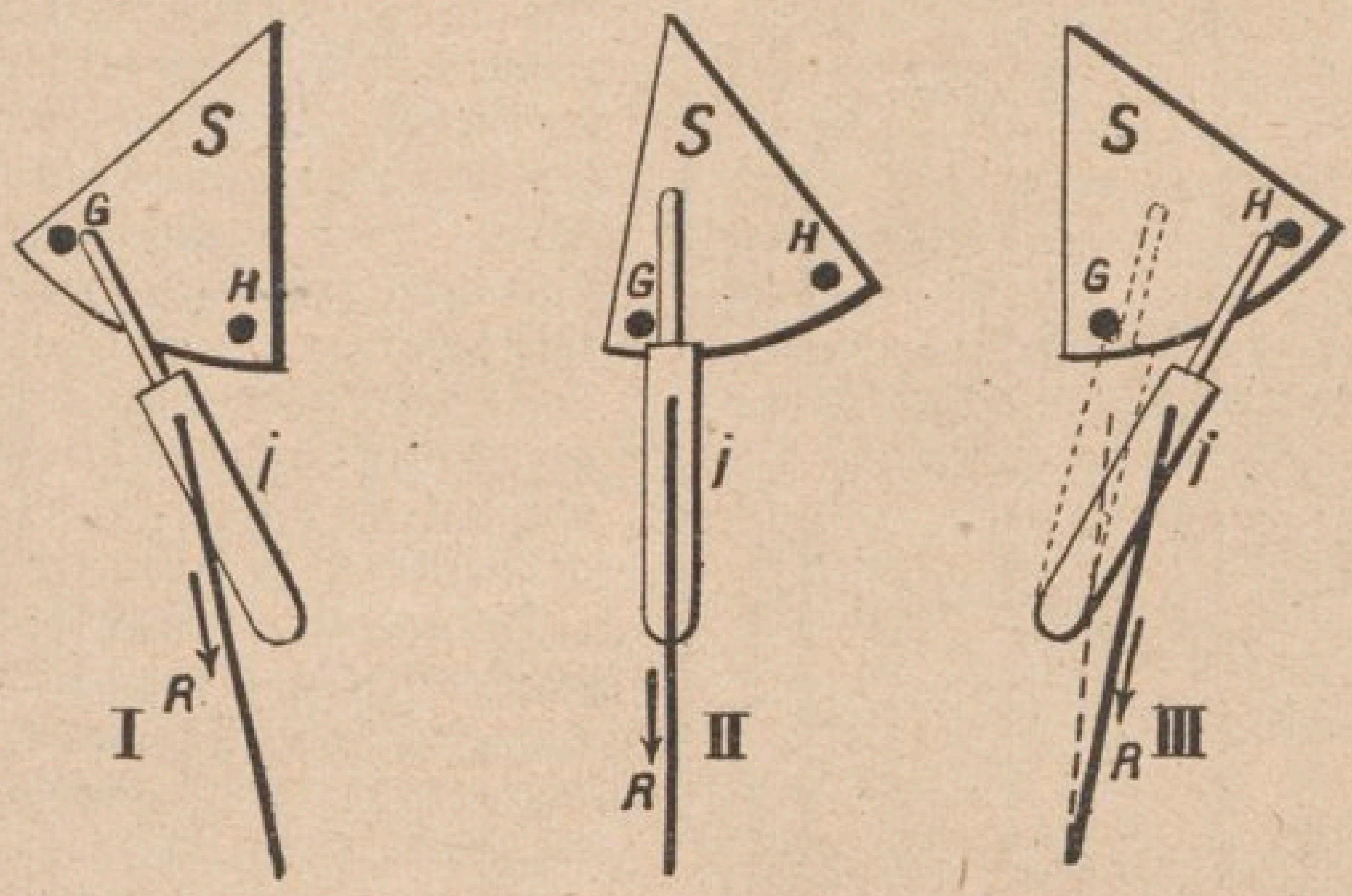


FIG. 19. — FONCTIONNEMENT DU BASCULATEUR GARNIER

Les mouvements du secteur S *amènent la pièce* i *jusqu'à la position* II, *qui est une position d'équilibre instable ; arrivée là, si le mouvement continue, la pièce* i *bascule* (III). *Ces basculages sont utilisés pour établir et couper le courant dans la bobine* B. *(Voir la fig. 18.)*

Voici comment ce remontoir est conçu :

Le poids moteur *P* (fig. 21) est porté par une chaîne sans fin, qu'un contrepoids *p* maintient toujours tendue. Les brins de chaîne supportant le poids *P* agissent, l'un sur une roue *D*, solidaire du premier axe de l'horloge, l'autre sur une roue *A*, susceptible d'être entraînée dans le sens de la flèche au moyen d'un moteur électrique et portant un encliquetage ayant pour but d'arrêter son mouvement vers l'arrière.

L'horloge marchant, la roue *D* tourne et le poids *P*, qui l'entraîne, descend ; au contraire la rotation de la roue *A* a pour effet de réaliser le remontage de ce même poids.

L'automaticité du remontage est obtenue en commandant le moteur actionnant la roue *A* au moyen d'un interrupteur *I J*, manœuvré par le poids *P* lorsque celui-ci arrive aux extrémités de sa course.

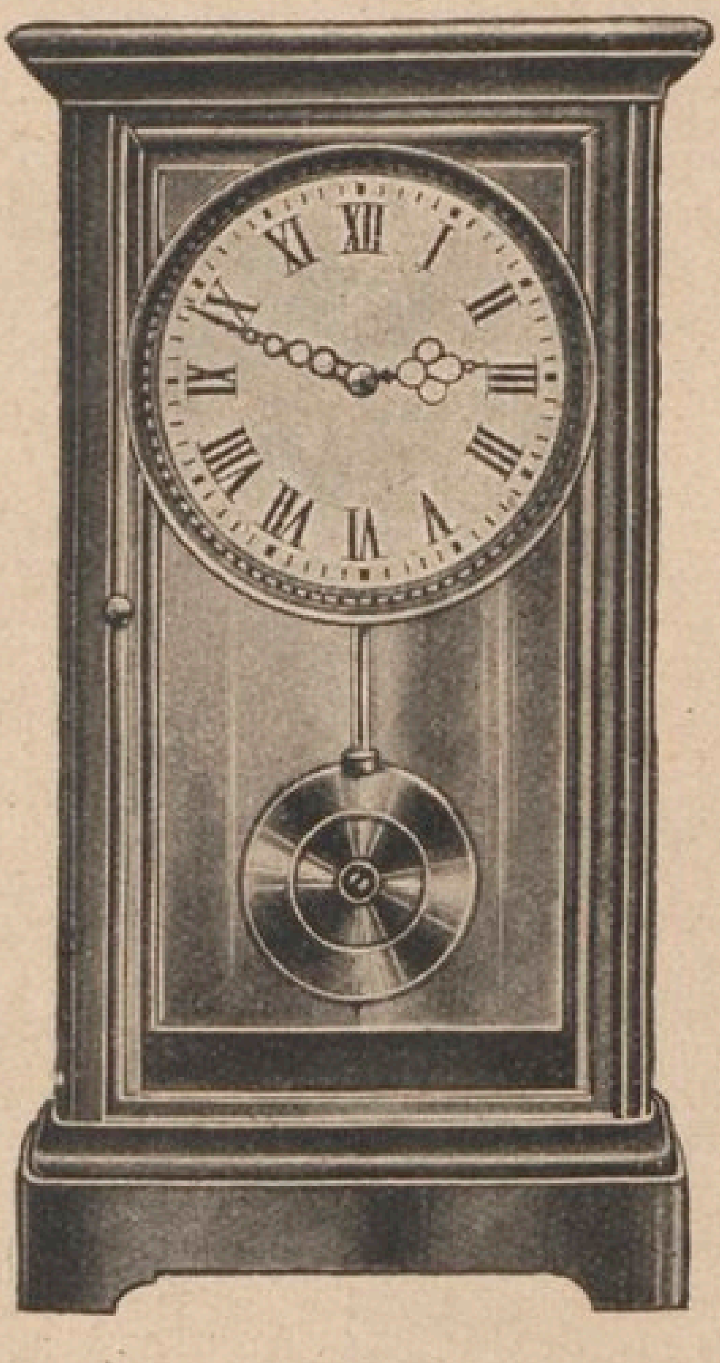


FIG. 20. — DISTRIBUTEUR HORAIRE PAUL GARNIER

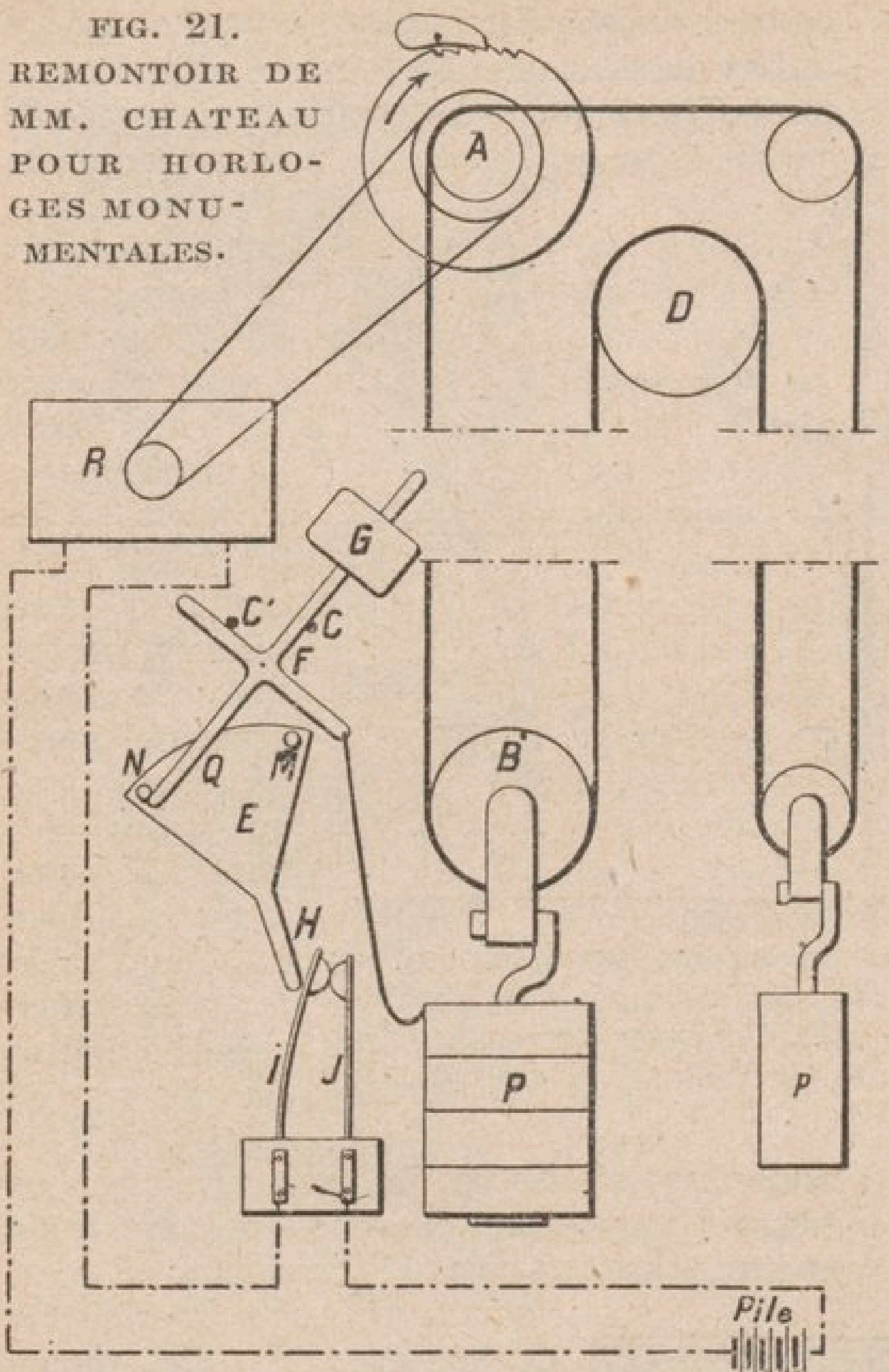
Cet interrupteur fonctionne de la manière suivante :

Le poids *P*, relié par une cordelette à l'un des bras du système basculant *F*, tire sur cette cordelette lorsqu'il est près d'atteindre le bas de sa course. Il redresse alors le système *F* jusqu'au moment où le contrepoids *G*, dépassant la verticale, bascule, amenant le basculeur *F* dans la position représentée sur la figure. Dans ce mouvement, la queue *Q* du basculeur a entraîné la goupille *N*, provoquant le déplacement du secteur *E* et la mise en contact des lames *I J* par la pression sur la lame *I* de la queue *H* du secteur. Le circuit du moteur est alors fermé et le remontage s'effectue. Le système basculeur reprend sa position de repos en coupant le courant, lorsque le poids, parvenu en haut de sa course, tire la cordelette de bas en haut. On remarquera que le poids agit constamment sur les rouages de l'horloge pendant son mouvement ascensionnel : on évite ainsi l'emploi des ressorts auxiliaires destinés à assurer la marche des horloges pendant l'opération du remontage.

La disposition imaginée par M. Martin Mayeur et désignée sous le nom d'autoremontoir, réalise le remontage automatique des horloges avec un maximum de simplicité et de facilité d'installation.

Une poulie ou roue dentée *R* (fig. 23) est fixée sur l'un des mobiles de l'horloge à actionner ; elle porte une courroie ou chaîne sans fin *C* maintenue à sa partie inférieure par un poids tenseur *P*. Un second poids *A*, accroché sur l'un des brins de la chaîne, tire sur ce brin et descend en faisant tourner la roue *R* jusqu'à ce qu'il arrive en bas, près du poids *P*. Si, à ce moment, on parvient à faire re-

FIG. 21. REMONTOIR DE MM. CHATEAU POUR HORLOGES MONUMENTALES.



P, *poids moteur ;* p, *poids tenseur de chaîne ;* D, *roue de chaîne entraînant le rouage de l'horloge par l'action du poids* P ; A, *roue de chaîne qui, entraînée par le moteur électrique* R, *réalise le remontage du poids* P ; F, *système basculateur entraîné par le poids* P. *Lorsque celui-ci arrive aux extrémités de sa course, les mouvements de ce basculateur, agissant sur l'interrupteur à lames* I J, *sont utilisés pour fermer ou disjoindre le circuit du moteur électrique* R.

monter le poids *A* le long de la chaîne — absolument comme un homme qui grimperait le long d'une corde — ce poids pourra redescendre et réaliser rapidement le remontage de l'horloge.

La figure 24 montre schématiquement comment ce résultat est obtenu : le poids *A* est constitué par un carter contenant un moteur électrique et une série d'engrenages dont le dernier, mobile, roule sur la courroie ou chaîne sans fin *C*, de telle façon que, dès que le moteur tourne, l'ensemble remonte automatiquement le long du brin sur lequel le dernier mobile prend appui.

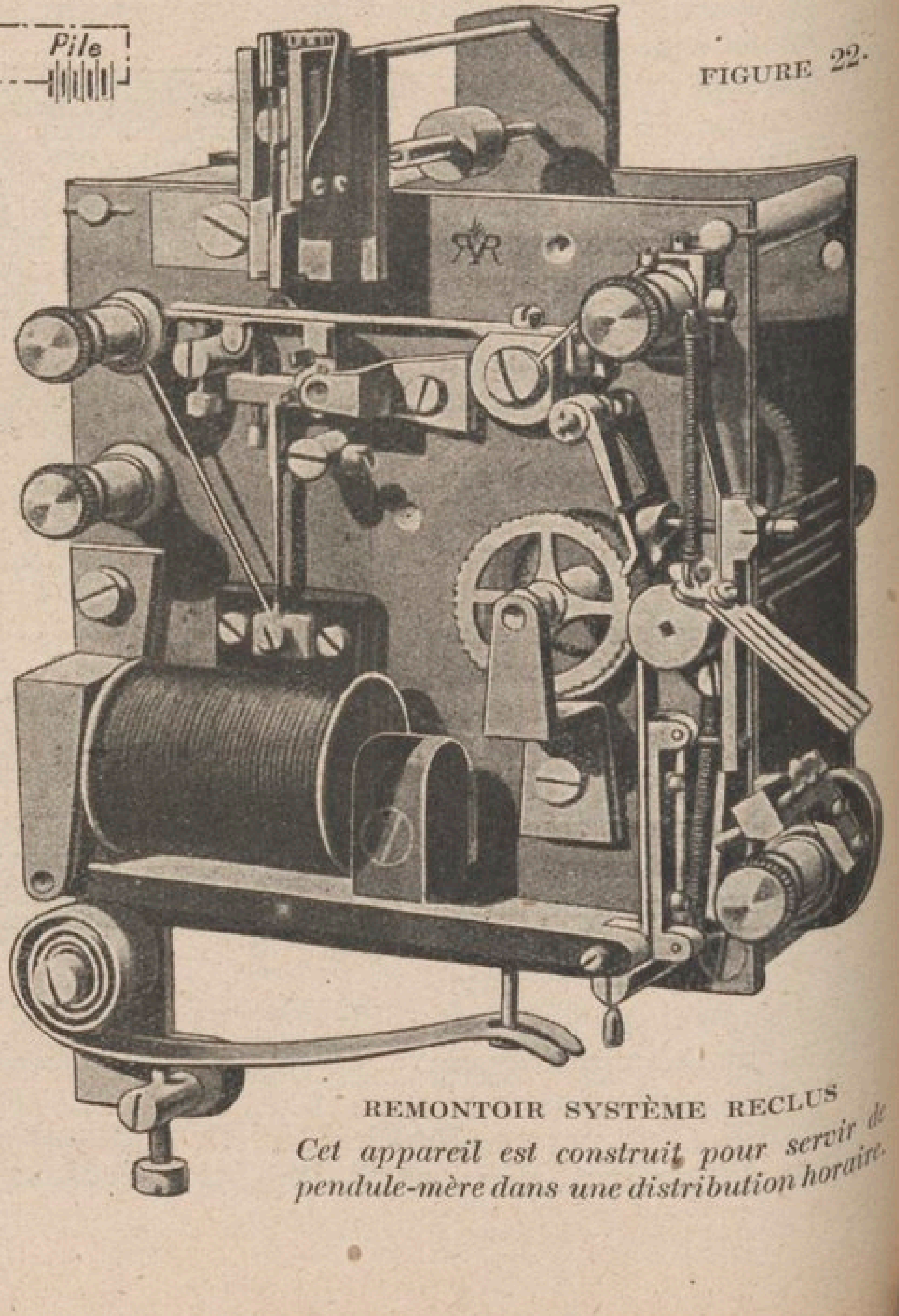
Lorsque le poids automatique arrive au bas de sa course, un interrupteur spécial, extrêmement robuste, ferme sur le moteur un circuit électrique qui s'ouvre de façon semblable lorsque l'autoremontoir arrive à son point le plus extrême d'ascension.

Mais ce système, quel que soit son intérêt, serait incomplet si, dans le cas des horloges à sonnerie, il était nécessaire de mettre un appareil semblable sur chaque corps de rouages. L'inventeur a tourné la difficulté de la façon très simple suivante :

Dans une horloge à sonnerie d'heures et demies qui comporte deux corps de rouages, la chaîne sans fin passe sur les deux roues correspondantes, mais entre les deux roues un poids moteur intermédiaire a été ingénieusement intercalé.

La figure 25 représente l'application de ce système à une horloge à sonnerie d'heures et demies, fournie par la maison Paul Garnier à une compagnie de chemins de fer qui a son exploitation en Chine.

Les *horloges à entretien pendulaire* utilisent toutes le balancement du pendule



REMONTOIR SYSTÈME RECLUS

Cet appareil est construit pour servir de pendule-mère dans une distribution horaire.

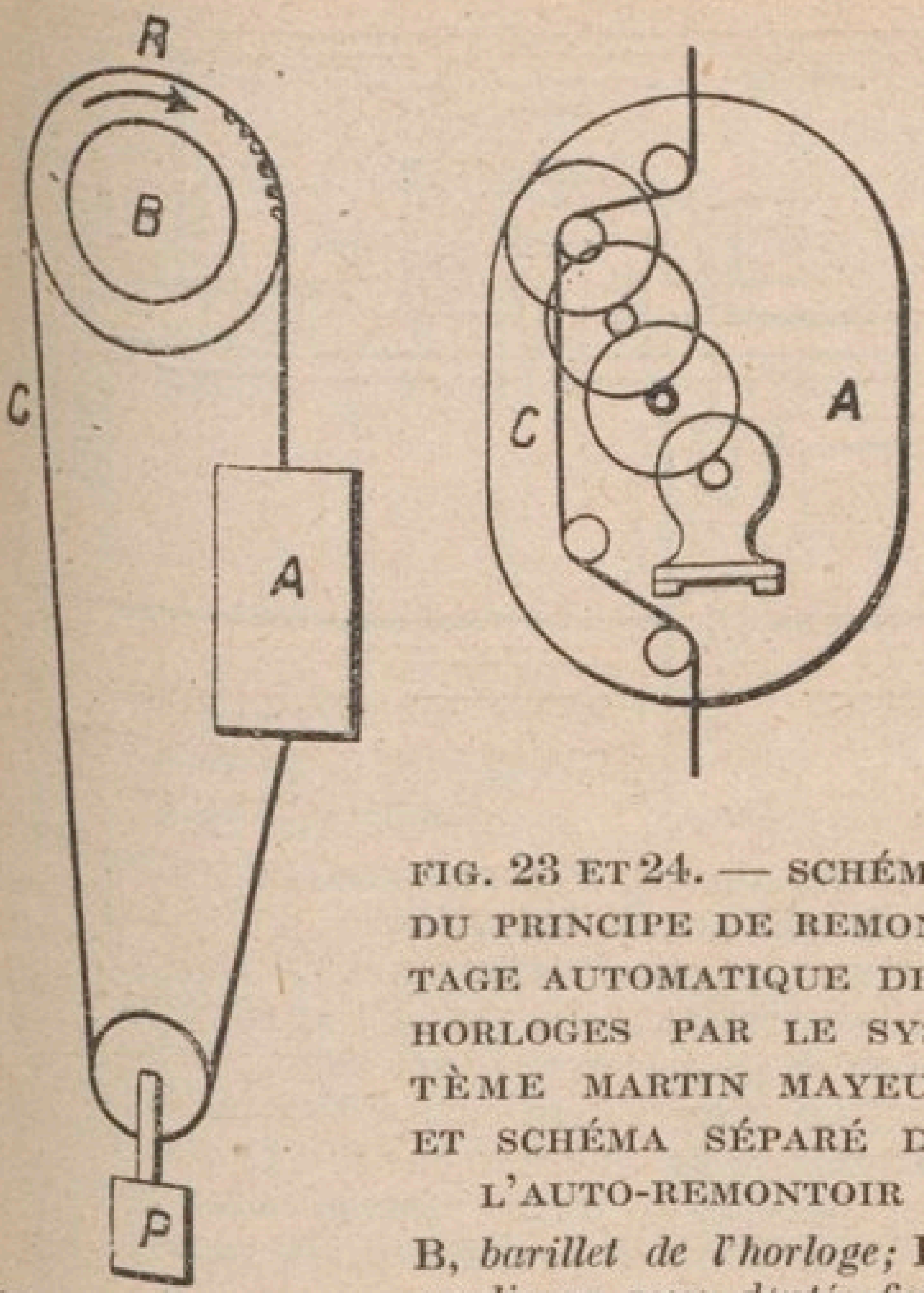


FIG. 23 ET 24. — SCHÉMA DU PRINCIPE DE REMONTAGE AUTOMATIQUE DES HORLOGES PAR LE SYSTÈME MARTIN MAYEUR ET SCHÉMA SÉPARÉ DE L'AUTO-REMONTOIR

B, *barillet de l'horloge;* R, *poulie ou roue dentée fixée sur le barillet ;* C, *courroie ou chaîne sans fin;* A, *poids automoteur ou auto-remontoir;* P, *poids destiné à assurer la tension de la chaîne.*

comme effet moteur. Un cliquet, porté par le balancier fait passer, à chaque oscillation, une dent d'un rochet qui entraîne les aiguilles par l'intermédiaire obligatoire d'engrenages convenablement calculés.

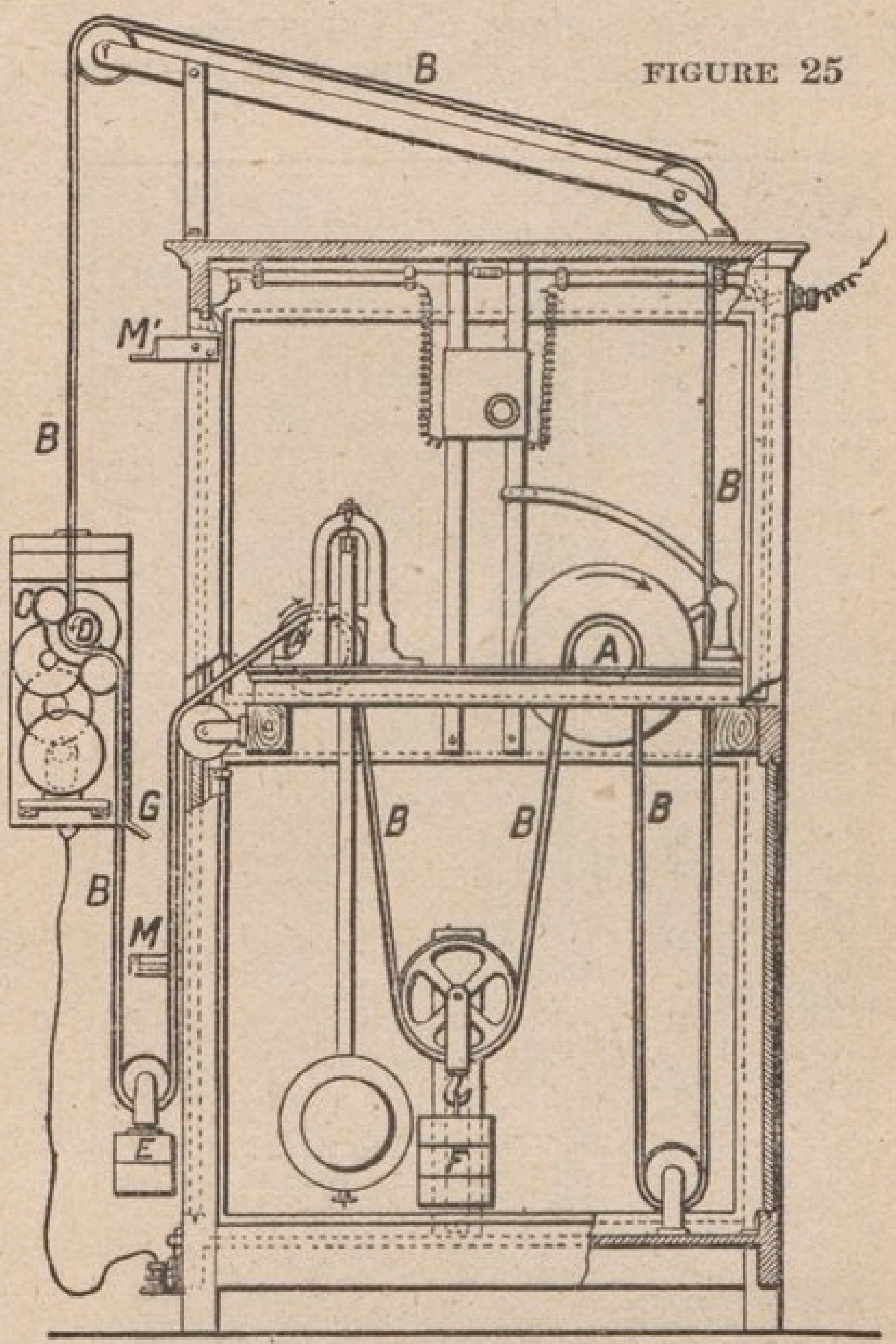
La seule partie intéressante de ces appareils réside dans le dispositif employé pour compenser l'amortissement des oscillations. Ces dispositifs sont de deux sortes : les uns soulèvent des poids ou tendent des ressorts dont la chute ou la détente donne au balancier l'impulsion convenable ; les appareils employant ce procédé sont dits : *horloges entretenues par réactions indirectes* ; les autres, dans lesquels un système électromagnétique quelconque lance le balancier sans aucun intermédiaire sont appelés *horloges entretenues par réactions directes.*

L'horloge-type à réactions indirectes est due au constructeur Froment.

Dans cet appareil, contemporain des distributions à quatre secondes de Garnier et des pendules Bréguet, le balancier, suspendu par des ressorts métalliques, porte une sorte de bec (fig. 27) en communication par des parties métalliques avec le fil conducteur *M* ; le courant arrive ainsi jusqu'à l'extrémité de la vis *D*, au-dessus de laquelle est une masse métallique *G*, portée par un long ressort flexible *B* dont le pied est fixé à un pont faisant corps avec la platine. Cette masse appuie sur l'extrémité d'un levier *S* capable d'osciller autour de l'axe *F*. Lorsque le pendule oscille vers la gauche, la vis *D* vient en contact avec *G*, et un courant traverse l'électro *E*, dont l'armature *P*, en se soulevant, fait basculer le levier *S*. Le contact entre *D* et *G* se prolonge ainsi pendant le retour du balancier. Le travail de soulèvement produit par l'électro-aimant se trouve ainsi restitué au pendule à chaque oscillation nouvelle. (Le *Génie civil.*).

Un grand nombre de pendules semblables

FIGURE 25



MÉCANISME D'UNE HORLOGE DE CLOCHER FONCTIONNANT AU MOYEN DE L'AUTO-REMONTOIR DU SYSTÈME MARTIN MAYEUR

A A, *roues fixées sur les premiers mobiles des rouages de l'horloge ;* B B B B, *chaîne sans fin chargée de transmettre l'effort des poids aux roues* A *et* A' ; C, *autoremontoir prenant appui sur la chaîne par le pignon* D ; E, *poids tenseur;* F, *poids actionnant la roue* A. *(On peut voir par les flèches indiquant le sens de rotation des roues* A *et* A' *que la descente de l'autoremoutoir provoque le remontage du poids intermédiaire.)* G, *levier dont la manœuvre commande le fonctionnement de l'interrupteur automatique ;* M M', *butées fixes qui, dans le mouvement de descente de l'auto-remontoir, manœuvrent le levier* G, *commandant ainsi le moteur de l'autoremontoir.*

en principe à celle de Froment ont été imaginées ensuite avec beaucoup d'ingéniosité par Vérité, Robert-Houdin et Detouche, Paul Garnier, Grasset, Lasseau, etc.

Tous ces systèmes ont l'avantage de rendre la marche du pendule indépendante des variations de la pile ; par contre, les émissions ayant lieu à chaque oscillation du pendule, on leur reproche l'usure rapide des piles; de plus, l'impulsion donnée au pendule est généralement précédée d'un choc difficile à éviter et susceptible de compromettre gravement la précision du réglage de l'appareil.

En espaçant les impulsions et en les transmettant par une lame flexible au pendule, lorsqu'il est vertical, M. Campiche, de Genève, a pu créer un entretien pendulaire à réactions indirectes qui a donné des résultats très appréciables et obtenu un certain succès dans la patrie de son inventeur.

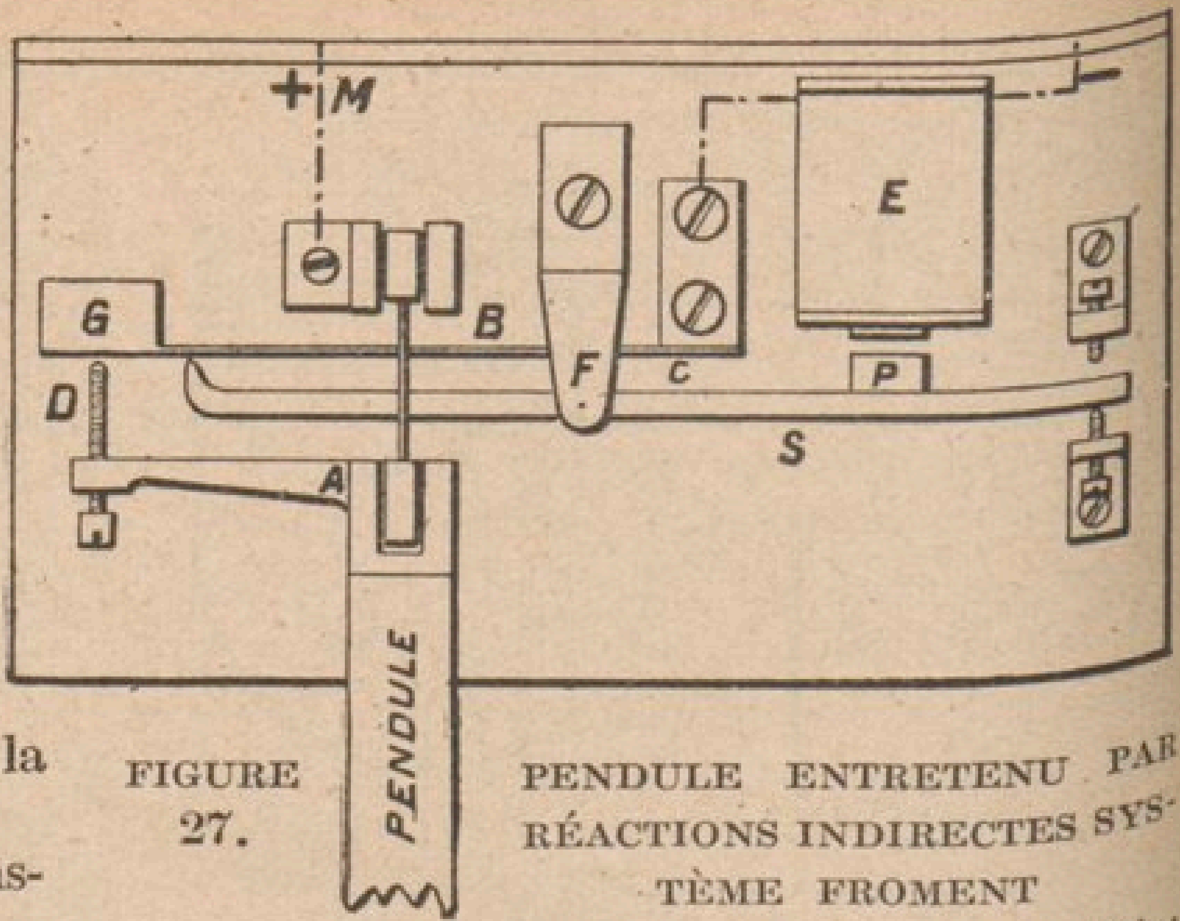


FIGURE 27. PENDULE ENTRETENU PAR RÉACTIONS INDIRECTES SYSTÈME FROMENT

E, *électro-aimant;* P, *armature;* G, *masse pesante;* D, *vis solidaire du balancier;* S, *levier soulevant la masse lorsque l'électro est inerte. (Lorsque le pendule oscille vers la gauche, la vis* D *vient au contact de* G, *le courant circule dans l'électro, dégageant la masse* G *qui accompagne le balancier. L'impulsion est due à ce que la durée du contact entre* D *et* G *se trouve allongée dans la partie descendante de l'oscillation du pendule.)*

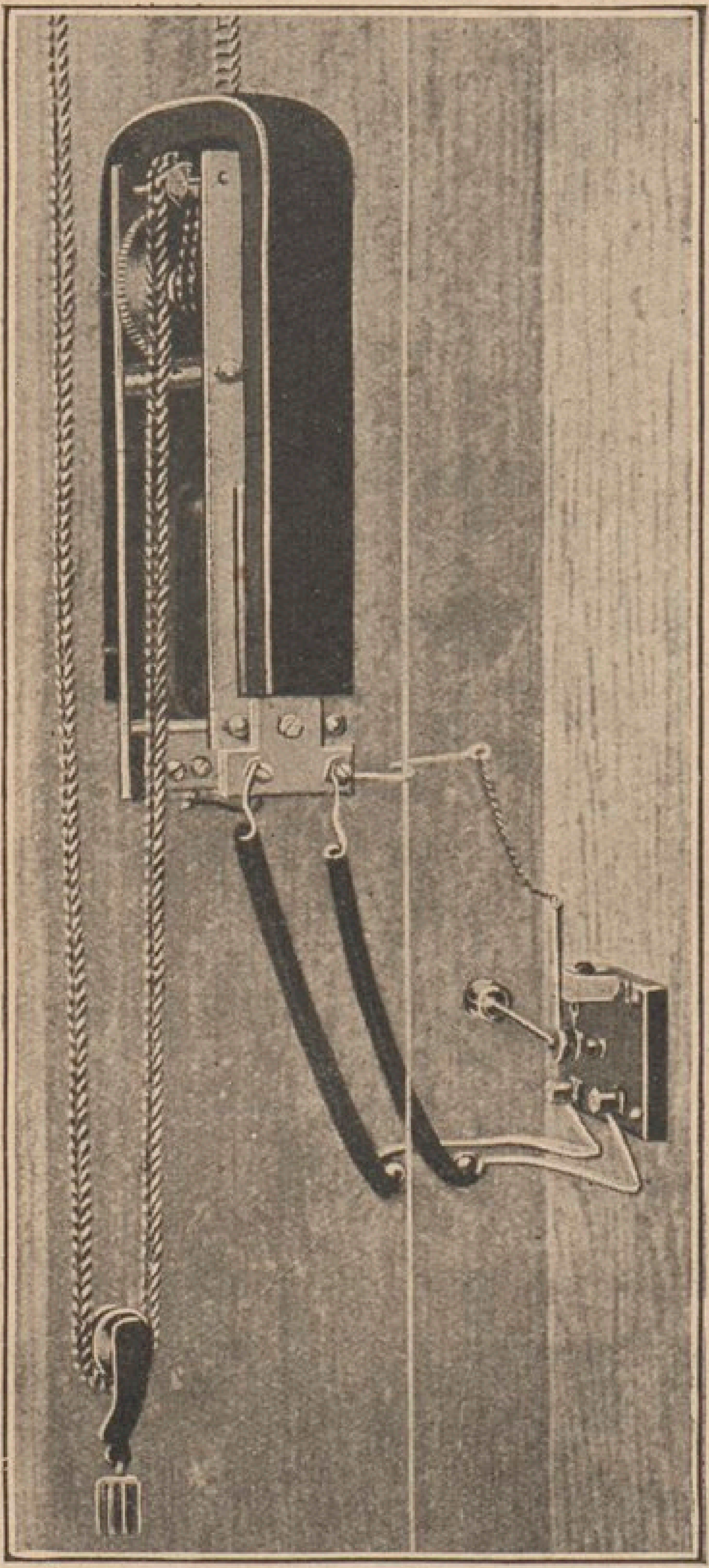


FIG. 26. — APPLICATION DE L'AUTOREMONTOIR A UNE HORLOGE D'APPARTEMENT FONCTIONNANT AU MOYEN D'UN POIDS

Un pendule compensé *P* (fig. 28), battant la seconde, fait tourner une roue *Q* par l'intermédiaire de la lame mobile *D*. A chaque tour de la roue *Q*, c'est-à-dire une fois par minute, une goupille *G*, venant au contact d'un ressort *R*, ferme le circuit de l'électro-aimant *X*. L'attraction de l'armature, transmise par un jeu de leviers que l'on voit en détail sur la figure, permet à la lame flexible *N* de donner une légère impulsion au balancier au moment précis où il passe dans la position verticale. Les chocs étant ainsi réduits en intensité et en fréquence, les appareils Campiche sont généralement susceptibles d'un bon réglage (fig. 30).

En dépit de ce résultat, les horloges à pendule entretenu présentant le plus d'intérêt sont celles où l'action électro-magnétique réagit directement sur le balancier. On est parvenu, en se basant sur ce principe, à réaliser des horloges extraordinairement simples, capables de donner un réglage excellent.

La première pendule de ce genre fut établie par Bain en 1840. Deux aimants fixes, placés à droite et à gauche du balancier, agissaient par attraction ou répulsion sur une bobine fixée à la place de la lentille, parcourue par des courants distribués par le mouve-

ment du pendule ; malheureusement, les variations de la pile entraînaient des variations d'amplitude, qui étaient une source de grosses irrégularités.

Ce fut Hipp, de Neufchâtel (Suisse), qui réussit le premier à pallier à ce grave inconvénient.

La pendule de Hipp eut en Suisse et en Allemagne un très gros succès ; elle fut, d'ailleurs, employée comme pendule-mère dans la plupart des distributions d'heure construites par la maison Faverger, de Neufchâtel, en particulier pour unifier les indications des 800 cadrans du célèbre réseau d'horlogerie électrique qui distribue aujourd'hui encore l'heure aux régions horlogères de la Suisse.

Dans cet appareil (fig. 29), l'impulsion électromagnétique est donnée au balancier lorsque son amplitude descend au-dessous d'une certaine valeur. Le dispositif adopté comprend un électro-aimant fixe, *E*, agissant sur une palette de fer doux *B*, fixée au balancier et passant aussi près que possible des pôles de l'électro pendant la durée de l'oscillation.

L'interrupteur comporte une lame d'acier *C D* portant une palette oscillante *G*. Sur le pendule est fixée une pièce *F* d'acier trempé ou d'agathe, munie d'une entaille dirigée dans le sens de l'arête de la palette. Lorsque le pendule oscille, la pièce *F* chasse la palette *G* ; tant que l'amplitude du balancier est assez grande, la pièce *F* dépasse la palette qui, retombant par son propre poids avant le retour du balancier, ne fait qu'osciller ; l'amplitude diminuant, il arrive un moment où le retour du balancier se fait à l'instant précis où le tranchant de la palette est engagé dans la fente de la pièce *F* ; la palette ne pouvant se dégager, il y a arc-boutement, et la lame *C D*, soulevée, vient au contact de la vis *V*, provoquant ainsi l'envoi instantané d'un courant dans l'électro.

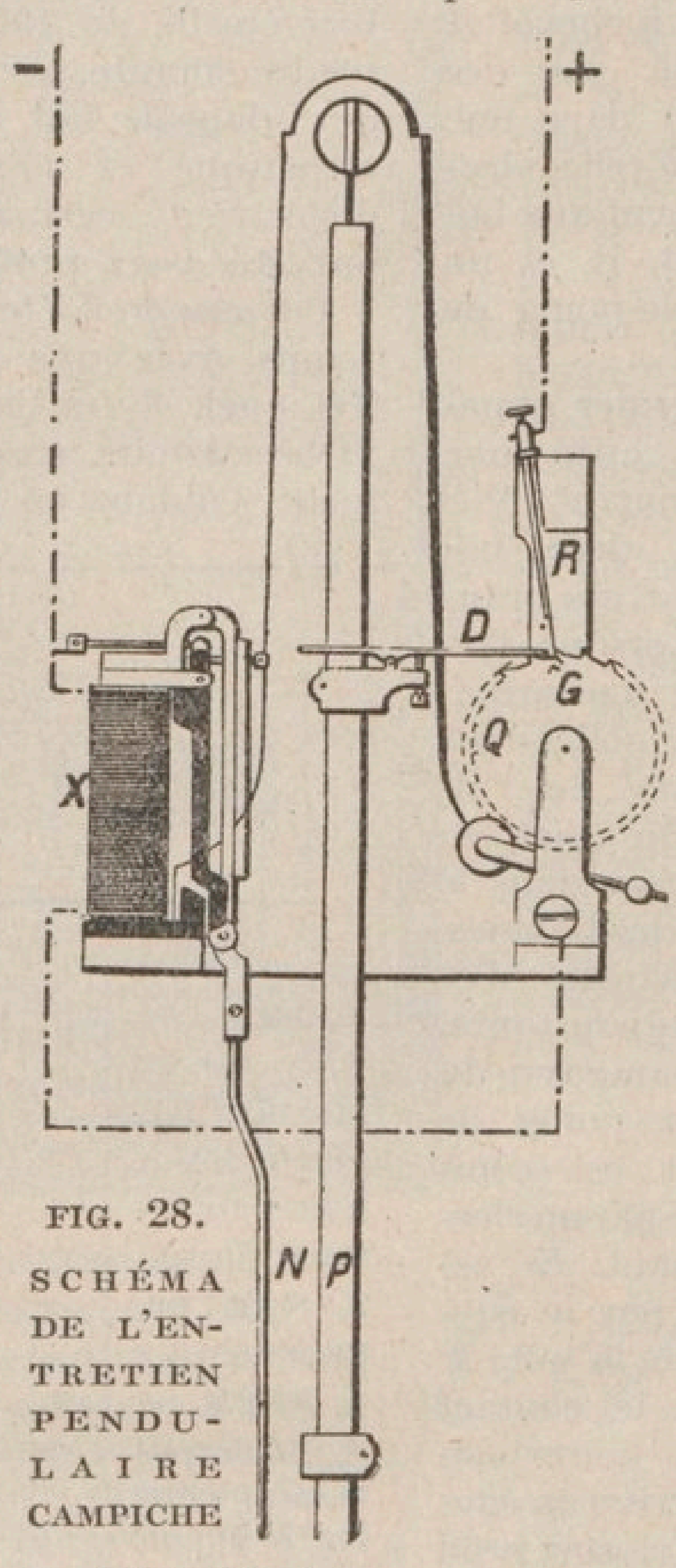


FIG. 28. SCHÉMA DE L'ENTRETIEN PENDULAIRE CAMPICHE

P, *balancier compensé ;* D, *linguet faisant tourner la roue* Q *en une minute ;* G, *goupille venant au contact de* R *à chaque tour de la roue, mettant en action l'électro* X, *qui donne alors, par l'intermédiaire d'un système de leviers et d'une lame flexible* N, *une impulsion au balancier.*

Pour qu'il y ait impulsion, le balancier ne doit être influencé que pendant la période descendante de l'oscillation, c'est pourquoi la palette a été placée hors de l'axe vertical du balancier, le circuit électrique se trouve ainsi rompu avant l'arrivée du pendule dans la position verticale.

Les systèmes Siemens et Halske, Lemoine et Lassence sont inspirés du pendule de Hipp.

Les travaux de M. Féry, professeur à l'Ecole de physique et de chimie de Paris, provoquèrent l'abandon définitif de ces systèmes d'entretiens pendulaires.

Les pendules de cet inventeur reçoivent une impulsion constante à chaque oscillation.

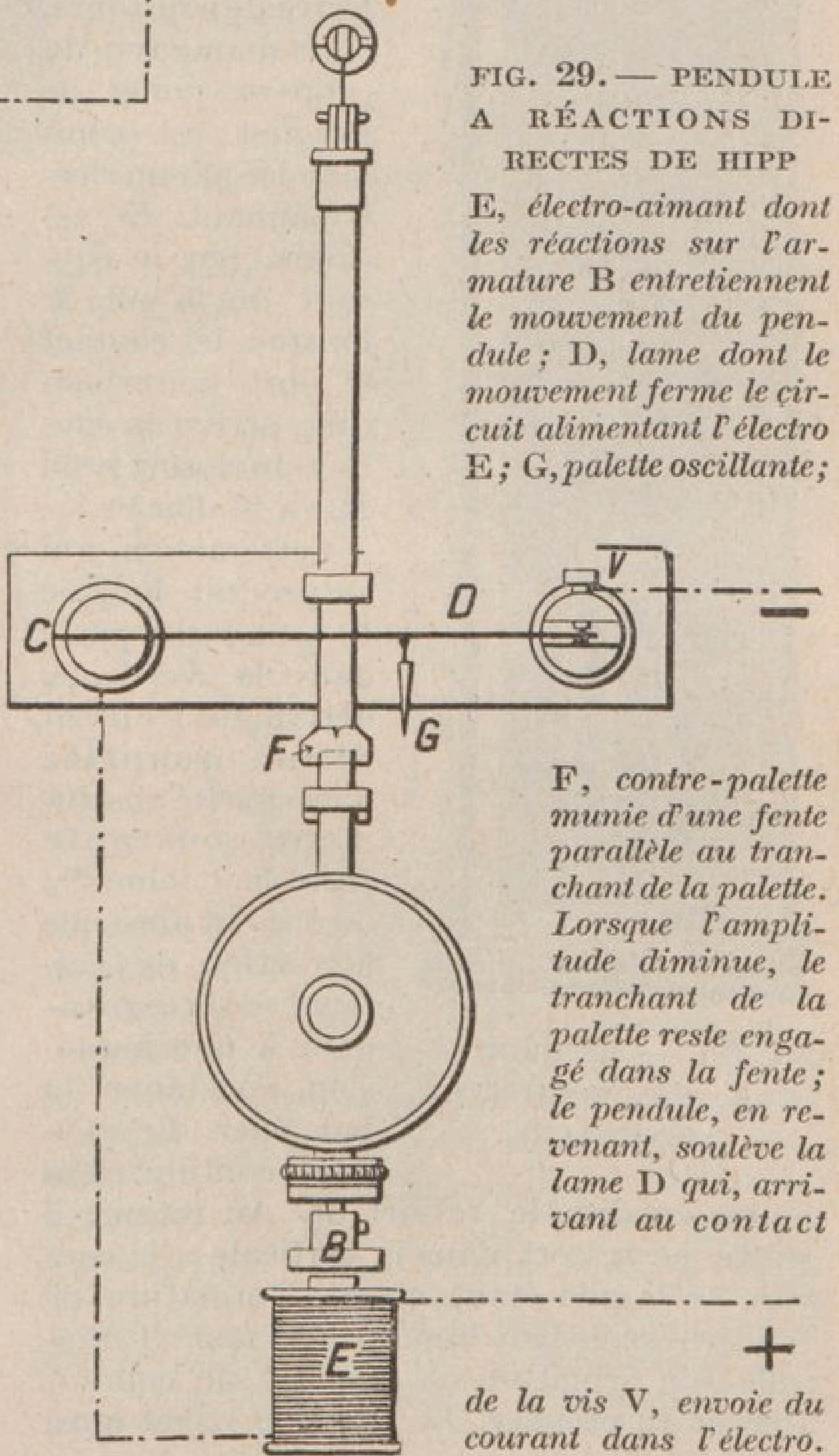


FIG. 29. — PENDULE A RÉACTIONS DIRECTES DE HIPP

E, *électro-aimant dont les réactions sur l'armature* B *entretiennent le mouvement du pendule ;* D, *lame dont le mouvement ferme le circuit alimentant l'électro* E ; G, *palette oscillante ;* F, *contre-palette munie d'une fente parallèle au tranchant de la palette. Lorsque l'amplitude diminue, le tranchant de la palette reste engagé dans la fente ; le pendule, en revenant, soulève la lame* D *qui, arrivant au contact de la vis* V, *envoie du courant dans l'électro.*

Le premier pendule Féry parut à l'Exposition de 1900, sous le nom de pendule à restitution constante. Le système moteur comportait (fig. 31) un aimant en fer à cheval *A* fixé sur l'extrémité du pendule, une des branches de l'aimant *A* passant dans une bobine *F* reliée électriquement aux bobines B, B, et un « coup-de-poing de Bréguet ».

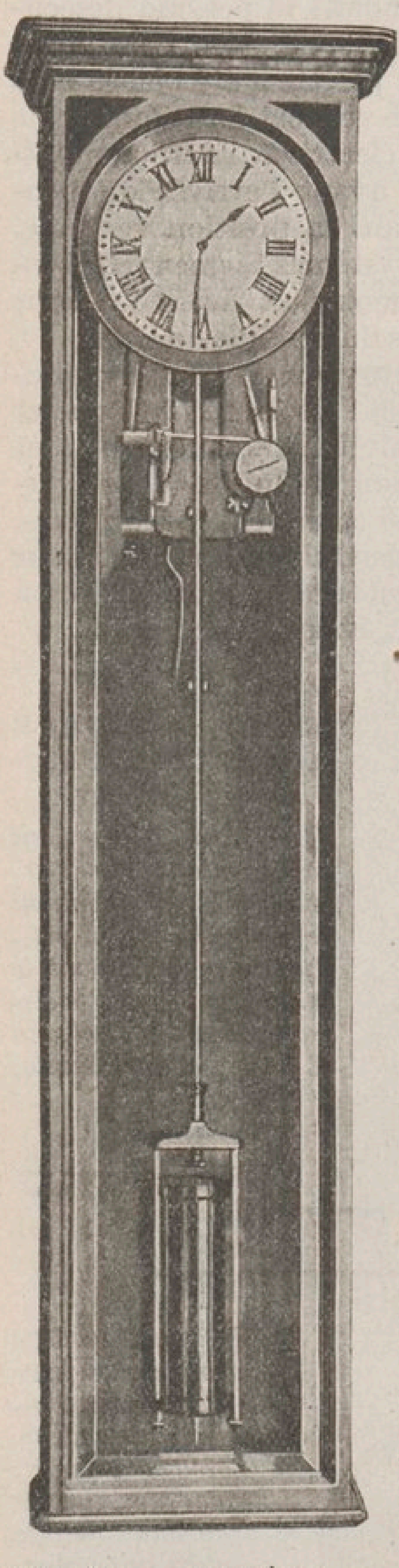


FIG. 30. — LE RÉGULATEUR CAMPICHE (VUE GÉNÉRALE)

Ce dernier appareil est composé d'un aimant *N S* portant deux bobines sur ses branches. Lorsque l'on arrache une armature *D* collée sur les pôles de l'aimant, on met en circulation dans le circuit des bobines, une quantité d'électricité constante.

La manœuvre du coup-de-poing de Bréguet est commandée par un électro-aimant *E* actionné par le courant de la pile *P* lorsque le contact *C*, porté par le pendule, arrive au contact du ressort rond *R*, en fil d'acier.

Cette action, qui se produit lorsque le pendule passe dans la verticale, détermine l'envoi d'une quantité d'électricité absolument constante dans la bobine *F* ; on obtient ainsi une attraction de l'aimant correspondant à une impulsion constante au balancier. Le pendule, continuant sa course, ovalise le ressort *R*. Au retour, il quitte ce ressort dans la verticale ; le courant de la pile étant coupé, l'armature de l'électro redevient libre et l'aimant *A* rappelle son armature en donnant un courant inverse du premier. Le pendule reçoit ainsi une impulsion à l'aller et une autre au retour.

Paul Garnier fut chargé de l'exécution du pendule Féry, devant figurer à l'Exposition Universelle de 1900. Le lecteur pourra se rendre compte, par l'examen de la figure 32, que, dans le but de rendre l'appareil plus esthétique et moins gros consommateur d'électricité, certaines dispositions originales ont été assez profondément modifiées.

Cet appareil était capable de mesurer le temps avec une précision extraordinaire. Tel quel, il fut installé dans les caves de l'Observatoire et contrôlé très rigoureusement pendant un mois par M. Bigourdan ;

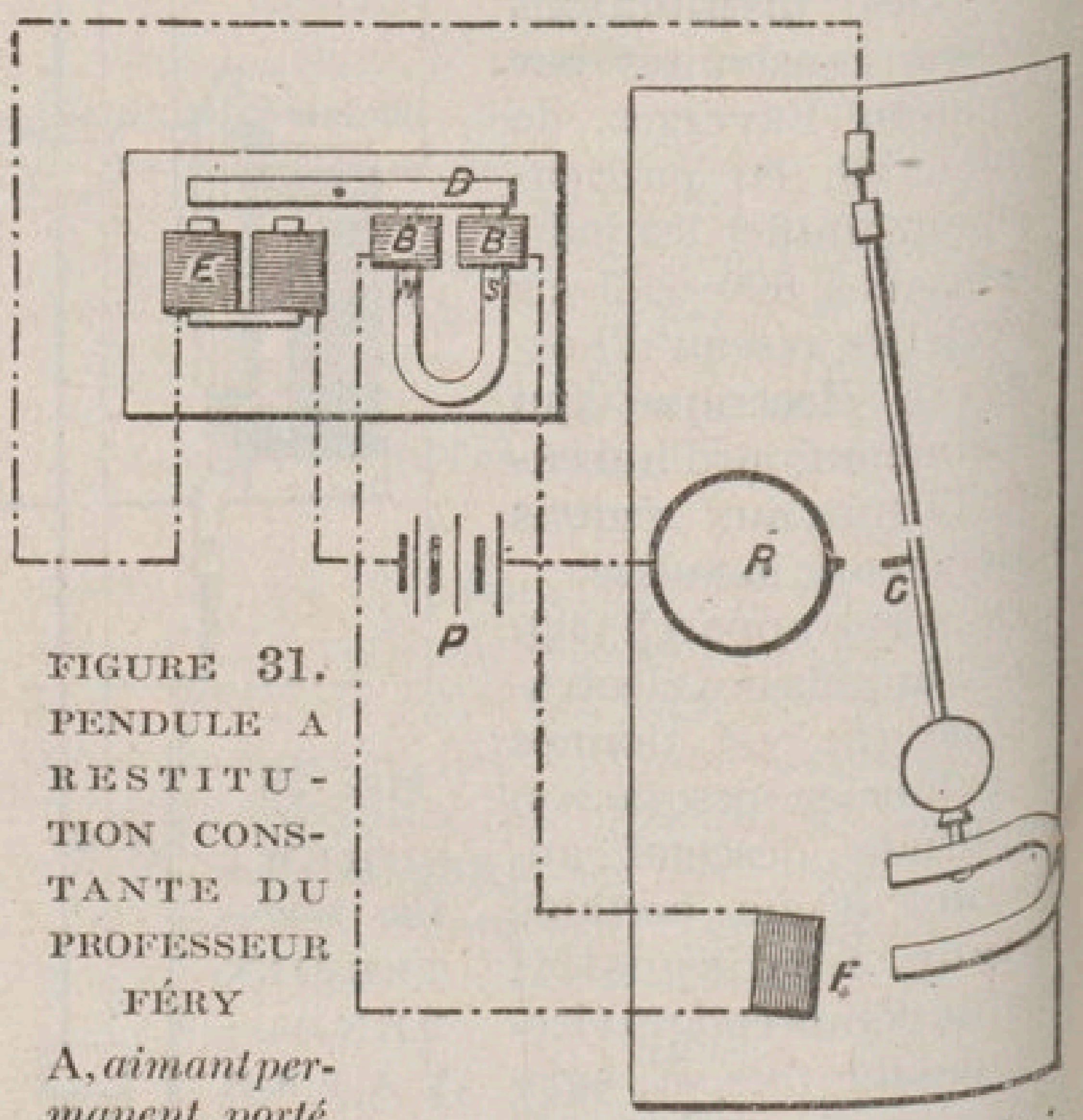


FIGURE 31. PENDULE A RESTITUTION CONSTANTE DU PROFESSEUR FÉRY

A, *aimant permanent porté par le balancier;* F, *bobine fixe agissant sur l'aimant* A ; N S B B, *coup-de-poing de Bréguet, chargé d'alimenter la bobine* F; E, *électro-aimant arrachant l'armature* D *du coup-de-poing lorsque le contact* C *arrive au contact du ressort rond* R. *A chaque mise en action de l'électro, on détermine le passage d'une quantité d'électricité rigoureusement constante dans la bobine* F. *L'impulsion est, par suite, constante, les impulsions restent égales et l'appareil donne un réglage parfait.*

il n'accusa aucune variation supérieure à six dixièmes de seconde. Un tel résultat caractérise la constance de l'impulsion due au coup-de-poing de Bréguet.

Louis Brillié remplaça le coup-de-poing de Bréguet de l'entretien pendulaire Féry, par une pile au sulfate de mercure, dérivée de la pile étalon Latimer Clark, et rendit, par une étude convenable de l'enroulement de la bobine l'appareil fort peu sensible aux variations de force électro-motrice qui peuvent accidentellement se produire.

Considérés comme appareils d'observatoires les appareils Féry-Brillié, pourvus d'un

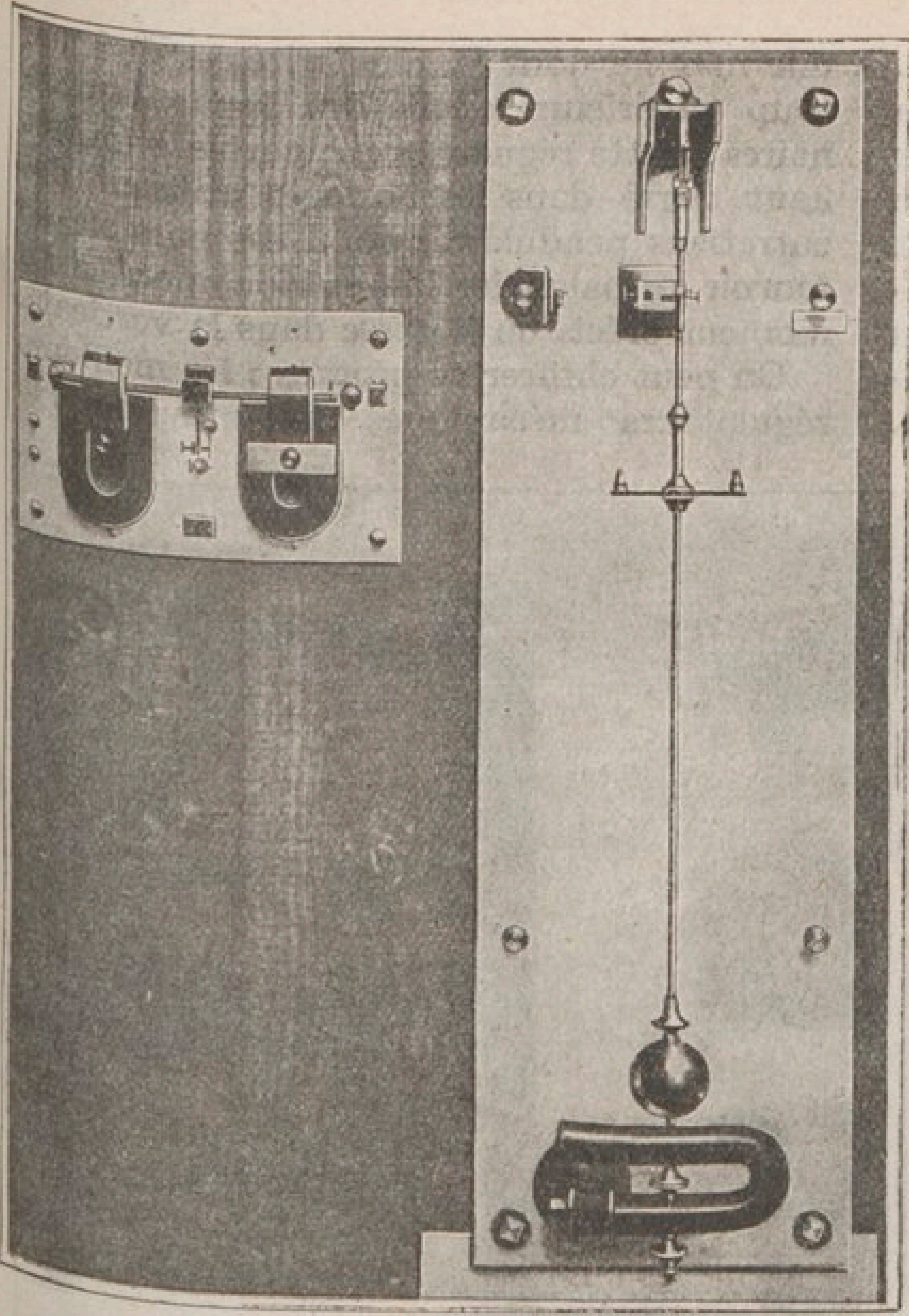


FIG. 32. — LE PENDULE A RECONSTITUTION CONSTANTE A L'EXPOSITION DE 1900

On peut voir que le pendule primitif a déjà été très modifié: les pièces C et R, encombrantes et disgracieuses, ont été remplacées par un petit dispositif, visible à la partie supérieure de la figure, tandis que l'électro et le coup-de-poing de Bréguet ont été combinés en un tout plus esthétique et surtout beaucoup plus économe de courant.

balancier d'un mètre, donnent des résultats véritablement surprenants, comparables en tous points à ceux obtenus avec le pendule Féry de l'Exposition de 1900.

Plusieurs régulateurs de ce système sont employés comme garde-temps à l'Observatoire de Paris et deux d'entre eux envoient chaque jour les signaux horaires à la tour Eiffel, pour être transmis ensuite par la télégraphie sans fil au monde entier.

Il existe encore un système que l'on ne peut ranger dans aucune des catégories précédentes : dans cette pendule, l'inventeur, M. O'Keenan, l'électricien bien connu, remplace hardiment l'action du grand ressort par le couple que donne un petit moteur électrique (fig. 33 et 34). Ce moteur à axe vertical a son champ inducteur fourni par un aimant permanent *N*, *S*. L'induit *I*, fixé sur l'axe *X*, *X'*, repose sur une crapaudine en saphir *P*, comme le montre le schéma.

Cet induit, du genre Siemens, à trois bobines, ne comporte pas de fer tournant ; le courant lui arrive par un petit collecteur *C* formé de trois lames d'or, sur lequel portent deux lames d'or *B*, *B*, faisant office de balais. L'axe *X*, *X'* porte à sa partie supérieure une vis tangente *V*, qui entraîne dans sa rotation la roue de vis sans fin *R* liée élastiquement à la roue d'échappement. Le pendule ou le balancier circulaire qui régularise le mouvement de la roue d'échappement régularise du même coup le mouvement du moteur. L'entraînement des aiguilles se fait par un rouage commandé par un pignon monté sur l'axe de la roue *R*.

La quantité d'électricité nécessitée par cet appareil n'est pas supérieure à celle de la pendule de M. Féry ; les variations, un peu plus étendues que celles des pendules Brillié, ne dépassent pas, toutefois, une demi-minute à une minute par mois ; ce petit désavantage est d'ailleurs bien compensé par un prix de revient relativement modique, permettant de livrer ces

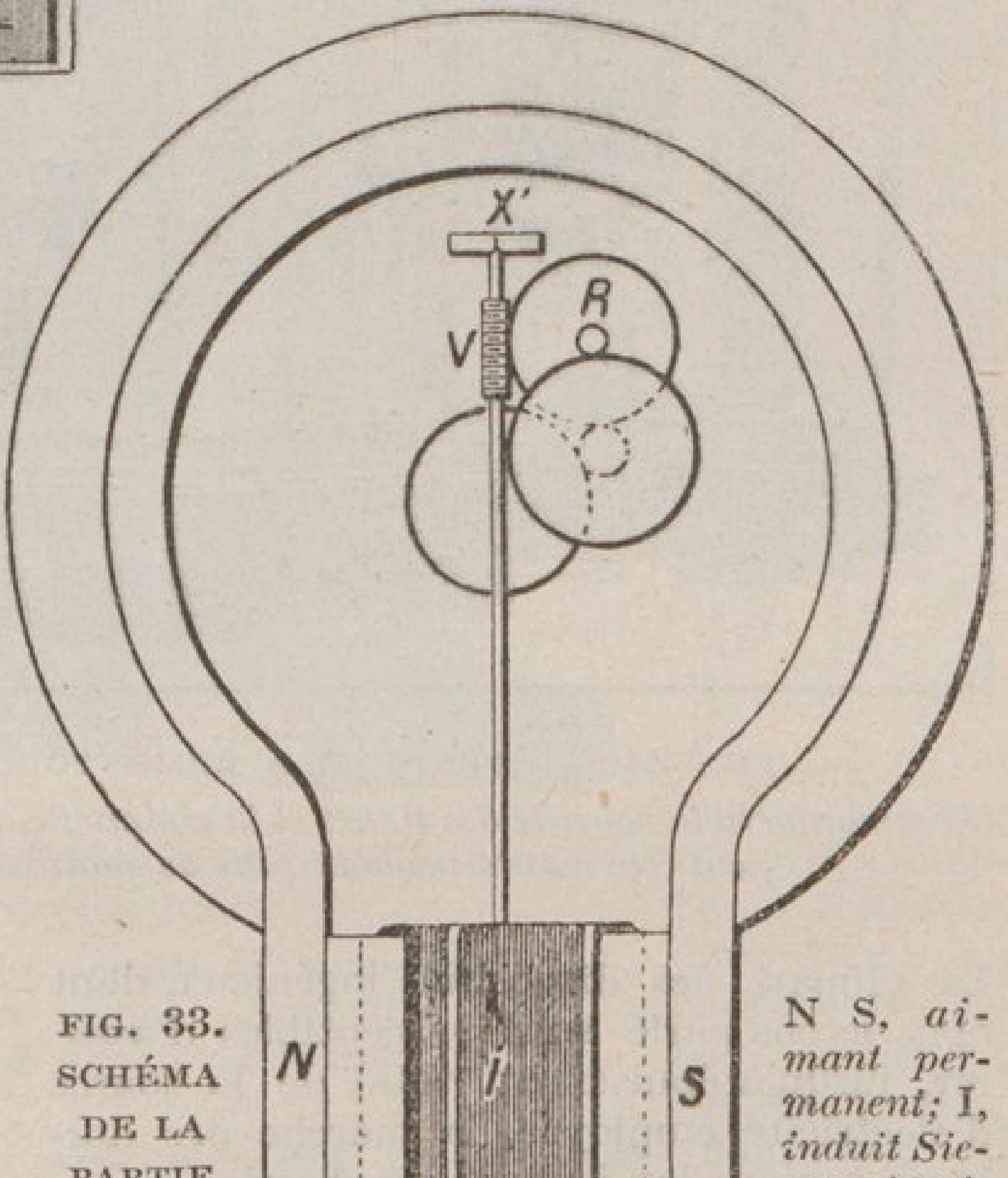


FIG. 33. SCHÉMA DE LA PARTIE MOTRICE D'UNE PENDULE SYSTÈME O'KEENAN

N S, *aimant permanent;* I, *induit Siemens à trois sections;* C, *collecteur formé de trois lames d'or;* B B, *balais;* P, *crapaudine en saphir;* V, *vis tangente entraînant dans sa rotation la roue* R, *liée élastiquement à la roue d'échappement de la pendule.*

pendules pratiques à des prix très acceptables.

Une conclusion s'impose à cette étude un peu longue, que nous nous excusons d'avoir présentée d'une manière un peu technique quoique encore bien incomplète, tellement les recherches ont été nombreuses. Dès maintenant, on peut considérer le problème du remontage électrique des appareils chronométriques comme étant complètement résolu.

La plupart des dispositifs ingénieux dont nous avons parlé sont susceptibles d'assurer, jusqu'à épuisement total de la source d'électricité employée, la marche des horloges auxquelles ils sont appliqués.

Mais, en dehors de l'intérêt que pouvait présenter la question du remontage électrique des pendules, nous sommes redevables à ceux qui se sont appliqués à la réaliser d'un progrès énorme dans la précision chronométrique elle-même. La concordance de l'effort moteur assure, en effet, à la plupart des appareils à remontage automatique, une marche dont la régularité est de beaucoup supérieure à celle des appareils ordinaires ; cette régularité est portée à un très haut degré dans les horloges utilisant des entretiens pendulaires où il est possible de fournir au balancier l'impulsion motrice au moment précis où il passe dans la verticale.

On peut chiffrer ce progrès : les meilleurs régulateurs mécaniques ne mesurent le temps qu'avec une approximation à peine égale à un cent millième du temps mesuré, tandis que certains régulateurs munis d'entretiens pendulaires sont susceptibles de faire la même mesure au millionnième près.

Puisse le lecteur, en parcourant ce petit travail, se rendre compte des trésors d'ingéniosité qu'ont dû dépenser horlogers et électriciens, pour arriver à ce simple résultat, qui, bien que proche, n'est cependant pas encore complètement atteint : lui éviter de remonter son réveil tous les soirs.

R. Chevalier.

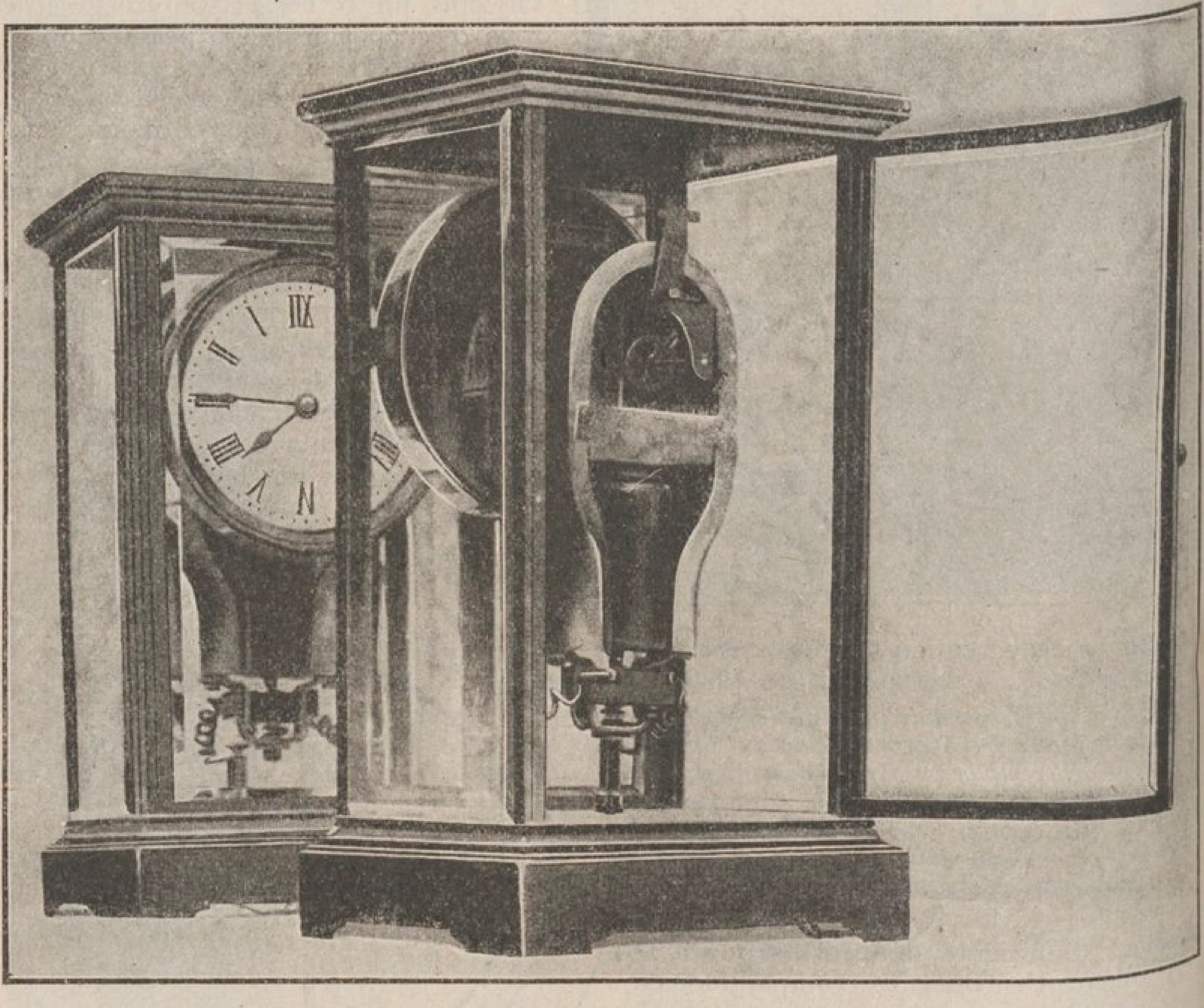


FIG. 34. — PENDULE A REMONTOIR ÉLECTRIQUE, SYSTÈME O'KEENAN

On remarquera la sobriété des lignes et la simplicité de cet appareil, dont le fonctionnement, très régulier, peut être assuré pendant plus de quatre ans par une pile dissimulée dans le socle.

GRACE A DES APPAREILS SPÉCIAUX LES TRAINS PEUVENT S'ARRÊTER AUTOMATIQUEMENT

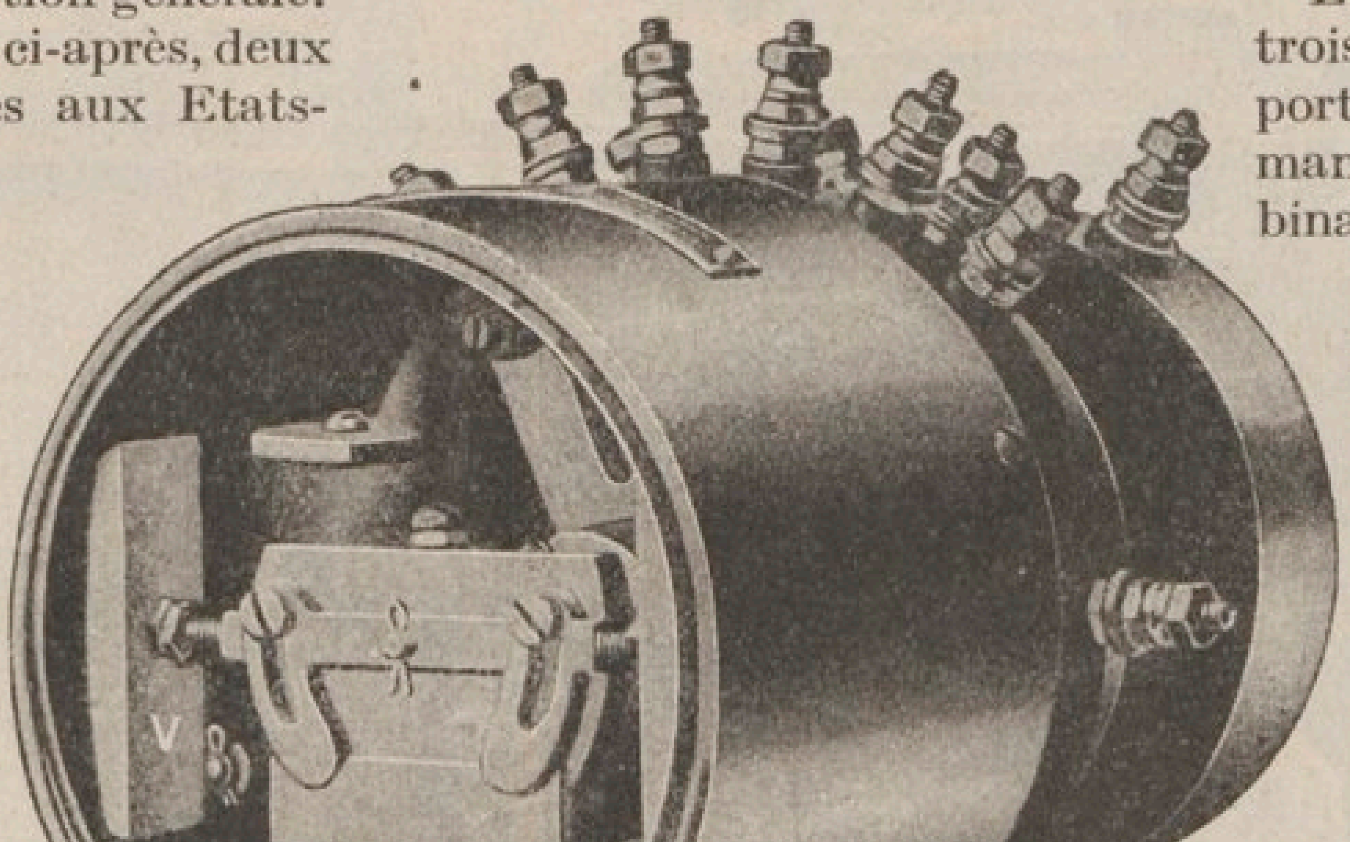
Par Jules TARDIF

L'ATTENTION du public a été de nouveau attirée, par une série d'accidents récents, sur les appareils de sécurité qui provoquent automatiquement l'arrêt des trains, quand cette mesure est rendue nécessaire par une circonstance quelconque. De nombreux dispositifs ont été essayés dans ce but, mais aucun d'eux n'a paru suffisamment efficace pour pouvoir donner lieu à une application générale.

Nous décrivons, ci-après, deux systèmes employés aux Etats-Unis, pour provoquer directement le ralentissement ou l'arrêt des trains sans l'intervention des mécaniciens, et pour répéter sur la machine les indications fournies par des signaux de voie.

L'appareil de la compagnie Julian Beggs, pour le contrôle automatique de la marche des trains, est un des plus complets qui existent, car il permet de réaliser à la fois l'arrêt automatique et la surveillance de la vitesse des convois quelconques sur les lignes exploitées électriquement ou au moyen de locomotives à vapeur.

Il existe, le long de la voie, des dispositifs automatiques servant à transmettre à la locomotive les signaux : *Voie libre*, *Attention*, *Danger*. En même temps, on contrôle la vitesse du train que l'on arrête s'il y a lieu. Sur chaque locomotive, on trouve un signal d'abri à trois positions, un indicateur de vitesse avec ses connexions électriques, une valve de frein commandant tout le train, un signal d'abri, des sabots de contact, un coupe-circuit à air comprimé et une batterie d'accumulateurs dont la tension est de 12 volts. Tous ces instruments sont reliés électriquement par des fils isolés, protégés par des tuyauteries en fer complètement étanches.



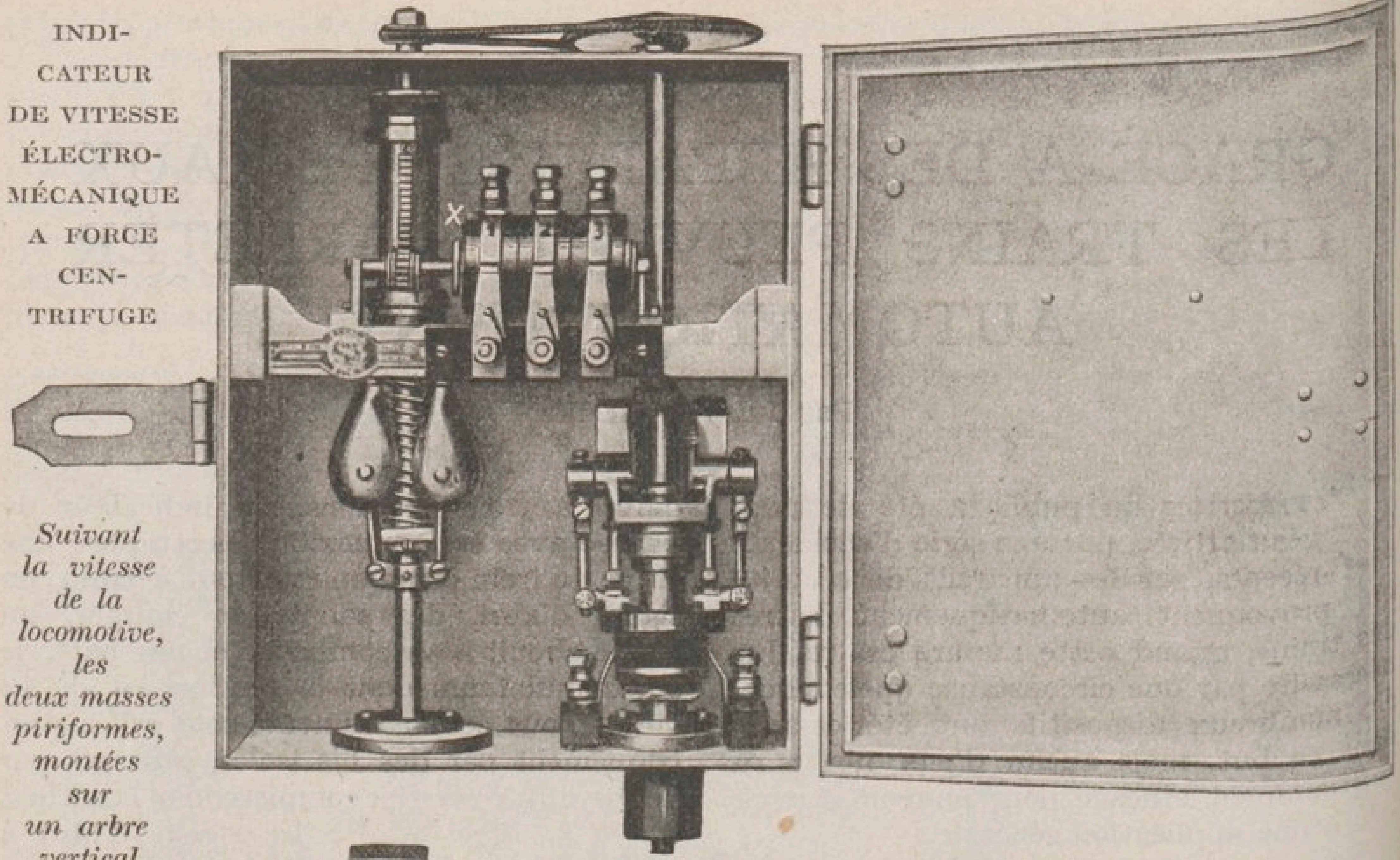
APPAREIL A TROIS POSITIONS PLACÉ BIEN EN VUE DANS L'ABRI DU MÉCANICIEN

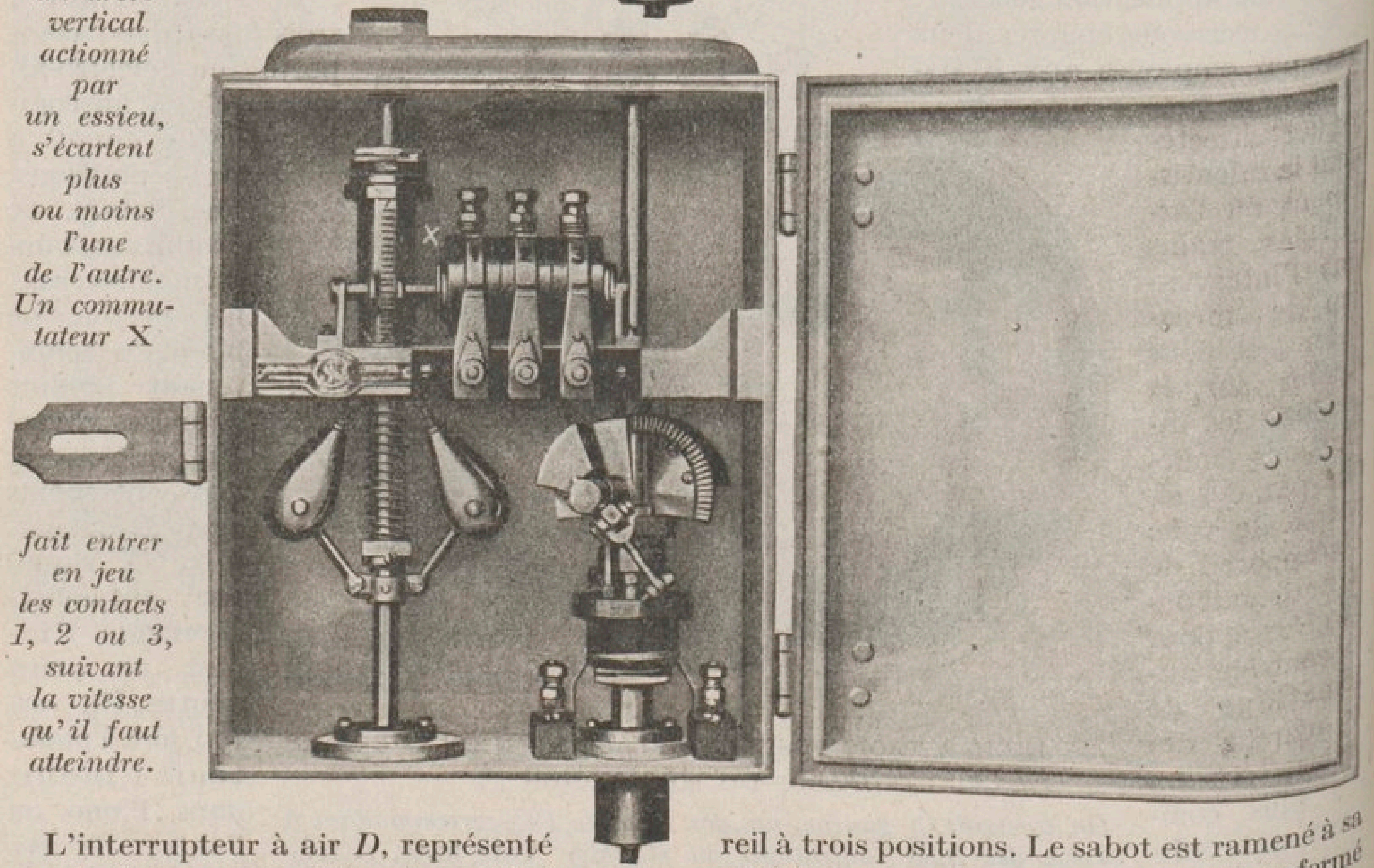
On aperçoit, à gauche, un des voyants (V) *correspondant à l'une des trois indications du signal :* Voie libre, Attention, Danger, *provoquées par le contact d'une pédale de voie.*

Le signal d'abri à trois positions comporte un électro-aimant relié à un combinateur de circuit à trois positions, une bobine de champ constamment électrisée, un verrou de bloquage maintenant l'induit dans ses diverses positions et des contrepoids agencés de manière à ramener automatiquement l'induit au point neutre. Un verrou sert à maintenir l'induit dans l'une ou l'autre de ses trois positions.

Les deux figures, page 262, représentent l'indicateur de vitesse et ses connexions électriques. Un commutateur *X* fixé au cylindre de l'indicateur, tourne quand la vitesse du train augmente. On peut disposer les contacts 1, 2, 3 suivant la vitesse qu'on désire atteindre.

Trois lampes de 12 volts placées dans l'abri, et directement contrôlées par l'appareil à trois positions, correspondent chacune à l'un des trois signaux : *Voie libre*, *Attention*, *Danger*.





INDICATEUR DE VITESSE ÉLECTROMÉCANIQUE A FORCE CENTRIFUGE

Suivant la vitesse de la locomotive, les deux masses piriformes, montées sur un arbre vertical actionné par un essieu, s'écartent plus ou moins l'une de l'autre. Un commutateur X *fait entrer en jeu les contacts 1, 2 ou 3, suivant la vitesse qu'il faut atteindre.*

L'interrupteur à air *D*, représenté par la figure, page 263, est combiné de manière à ouvrir le circuit quand la locomotive est au repos et qu'il n'y a pas de pression dans la conduite d'air du frein.

Le sabot de contact de la machine (figure page 264), est fixé à la traverse d'avant de manière à rencontrer les rampes ou pédales de contact placées latéralement à la voie. Le sabot est établi de telle façon qu'il remonte en passant sur la pédale ; il ouvre l'interrupteur *S* ou *S'* et rompt le circuit d'arrêt commandant le circuit du verrou de l'appareil à trois positions. Le sabot est ramené à sa position normale par un ressort enfermé dans un carter *T*. La valve à air *C* est reliée au piston creux *M* du sabot de contact. Ce dernier, également creux, est relié au piston *M* sur lequel agit la pression de l'air. La valve à air *C* reste normalement fermée, ce qui permet au circuit du verrou de l'appareil à trois positions de rester également fermé. Si le sabot de contact *E*, qui est en fonte grise, venait à se briser, l'air s'échapperait du piston *M*, la valve d'air fonctionnerait alors, et, en fermant le circuit de

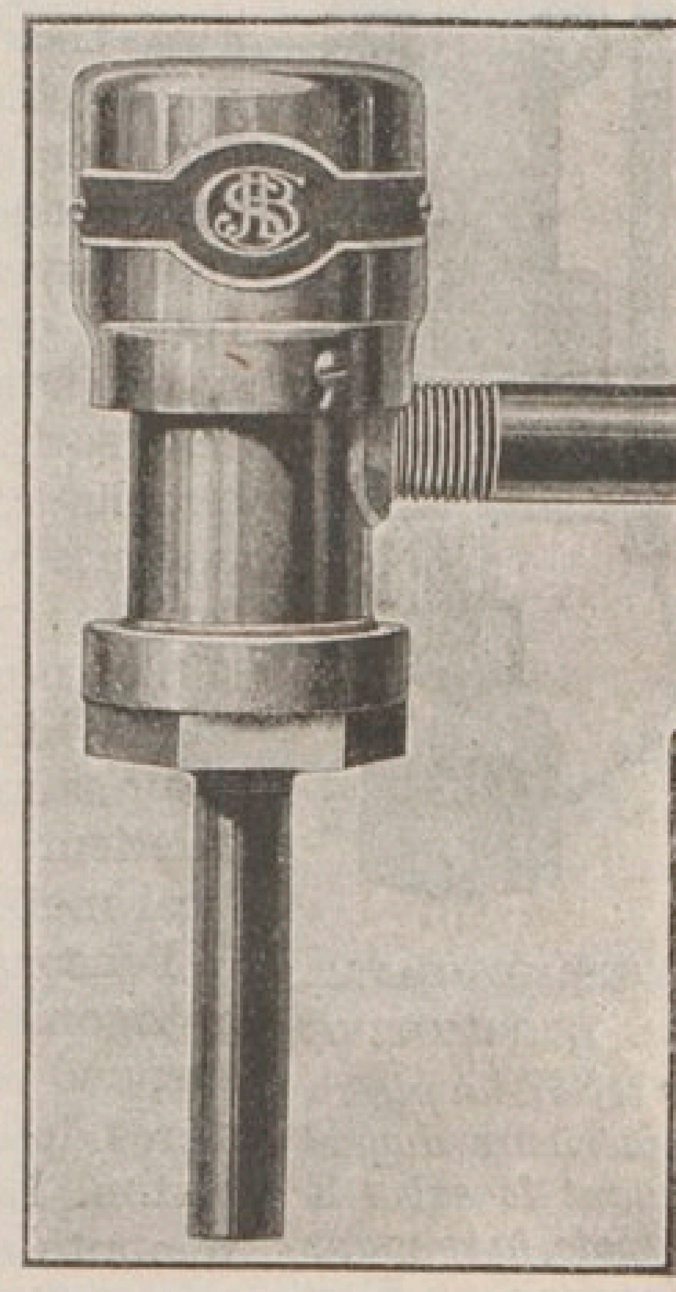
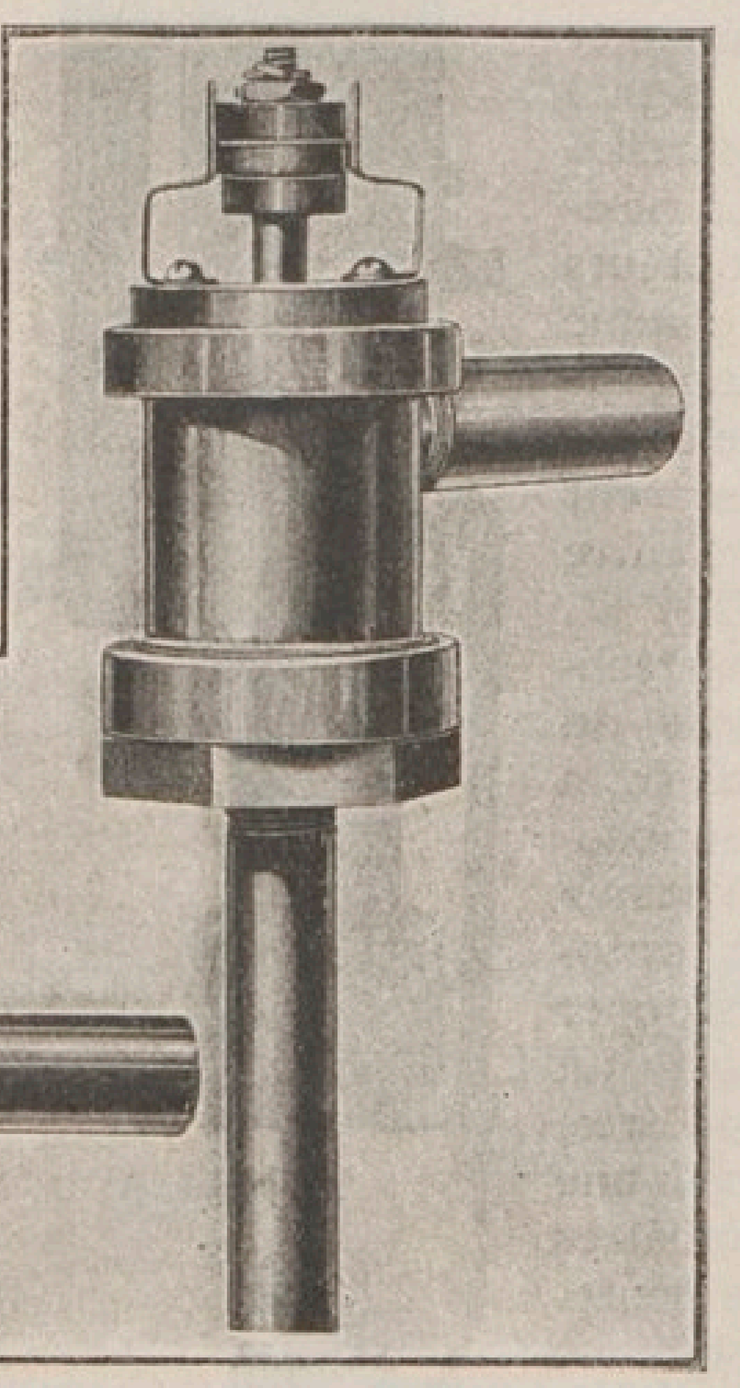
bloquage, donnerait de suite le signal d'arrêt.

Une soupape électro-magnétique est reliée au réservoir compensateur intercalé dans la conduite générale du frein à air ; il se produit donc une dépression dans cette conduite et les freins se serrent sans retard quand le courant ne passe plus dans l'électro-aimant.

La batterie d'accumulateurs, du modèle portatif, donne une tension de 12 volts. En examinant le diagramme des connexions, page 265, on constate qu'un des pôles du circuit d'induit est mis à la terre tandis que l'autre est relié aux sabots *E E'* de la locomotive par le combinateur 6. La bobine de champ est constamment traversée par le courant de la batterie d'accumulateurs *B* placée sur la locomotive. Les sabots *E* et *E'* sont disposés de manière à rencontrer les pédales placées à droite et à gauche de la voie. Le combinateur 6 est actionné par l'indicateur de vitesse ; l'induit *A* est relié au sabot *E'* monté à droite de la locomotive, quand celle-ci marche cheminée en avant, tandis que si la locomotive marche en arrière, c'est le contact de gauche *E* qui est alors connecté à l'induit *A*.

Les pédales sont électrisées positivement si le signal répété est à *Voie libre* ; négativement, si le signal est à l'*Attention* et elles ne sont parcourues par aucun courant si le signal de block est à la position *Danger*.

Supposons qu'un train rencontre une pédale alors que l'appareil du signal d'abri est dans la position neutre : le sabot *E'*, passant sur la pédale, rompt le circuit de bloquage au droit du coupe-circuit *S'*. Si la pédale est électrisée positivement, l'induit tourne dans la direction des aiguilles d'une montre et prend exactement la position représentée dans le diagramme. Si la pédale est électrisée négativement, l'induit tourne en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre. Si la pédale n'est pas électrisée, l'induit reste dans la position neutre.

INTERRUPTEUR SPÉCIAL DE COURANT A AIR COMPRIMÉ

Cet appareil, représenté avec et sans son chapeau. sert à couper le courant provenant de la batterie d'accumulateurs quand la machine est au repos et qu'aucune pression n'existe dans la conduite d'air du frein.

Les contrepoids *H* et *H'* ramènent l'induit à sa position neutre après qu'il a tourné dans un sens ou dans l'autre. Quand l'induit a tourné dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre, il est dans la position qui lui permet d'actionner le signal *Voie libre*, et, en même temps, la valve de frein, au moyen d'un courant qui peut traverser le combinateur 3 et l'indicateur de vitesse.

En se reportant encore une fois au diagramme, on voit que la soupape *V* sera actionnée quand l'un des trois segments de l'indicateur de vitesse sera électrisé. Quand le signal d'abri indique la *Voie libre*, le combinateur 3 reste dans la position qui permet d'atteindre la vitesse autorisée dans ce cas. Quand l'appareil à trois positions tourne en sens inverse du mouvement des aiguilles d'une montre, le signal *Attention* fonctionne, de même que le combinateur qui prend la position correspondant à la vitesse permise à un train en marche quand le signal marque *Attention*.

Quand l'appareil à trois positions occupe sa position neutre, le signal *Danger* fonctionne ainsi que le combinateur n° 1 qui prend la position correspondant à la vitesse permise pour un train marchant quand le signal *Danger* a fonctionné sur la machine.

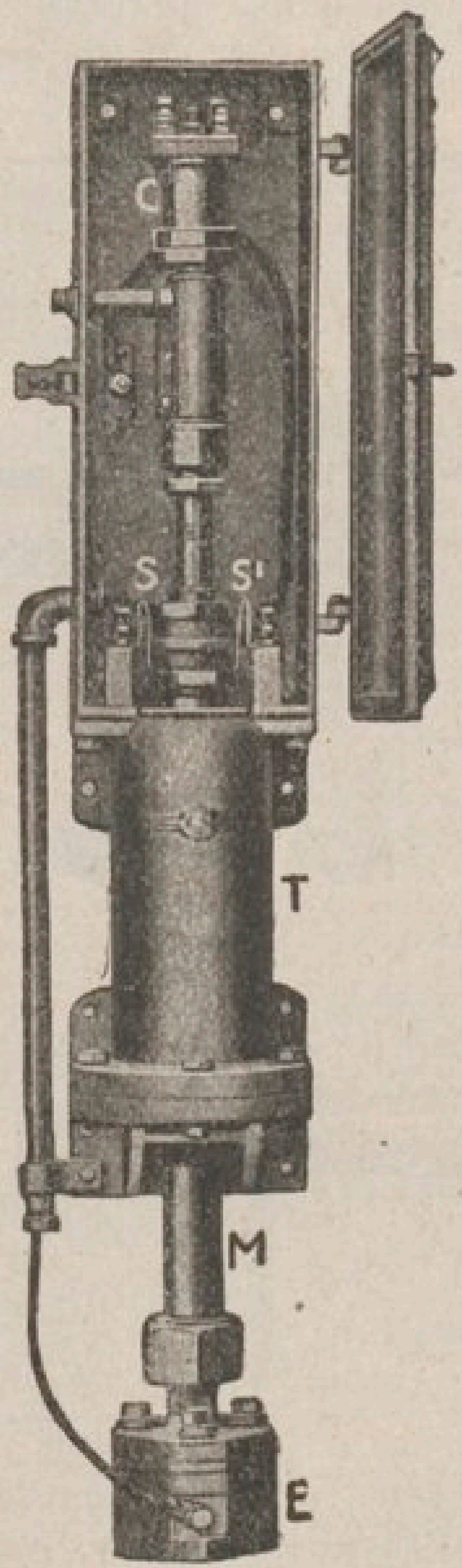
Le courant qui alimente le verrou *L* est coupé par les combinateurs 4 et 5. Le combinateur 4 est construit de manière à s'ouvrir chaque fois que l'on change le sens de la marche d'une locomotive : ceci a pour but d'effacer un signal *Voie libre* ou *Atten-*

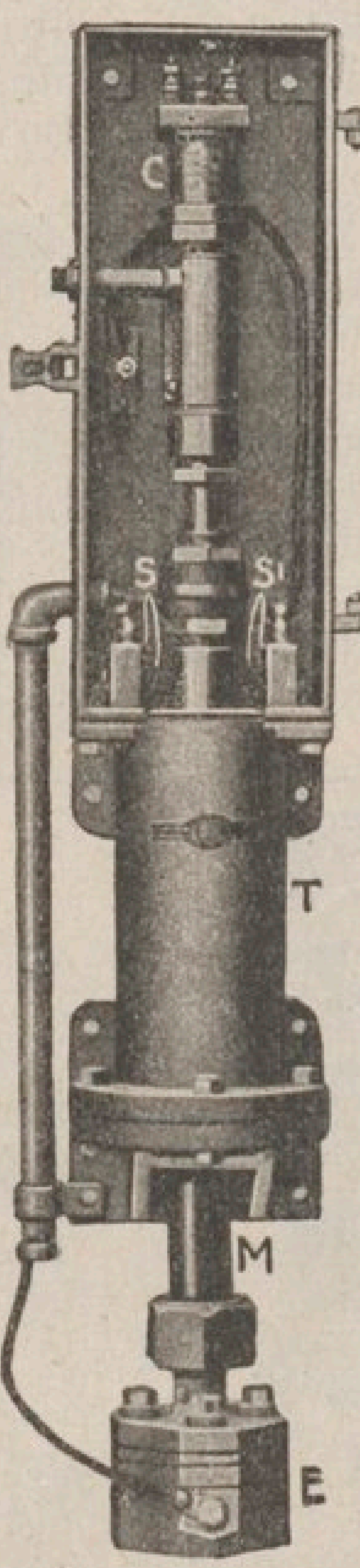
tion chaque fois que l'on change le sens de la marche d'une locomotive attelée ou non.

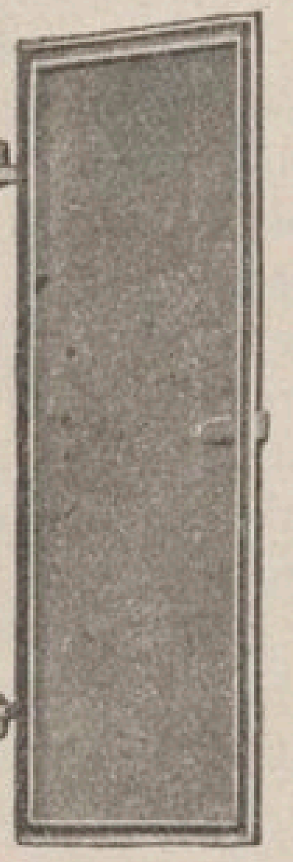
Le combinateur est agencé de telle manière que la machine puisse parcourir une distance déterminée à l'avance, soit soixante mètres, avant que le combinateur agisse. On permet ainsi aux machines de marcher à contre-voie jusqu'à une grue d'alimentation ou de faire toute autre manœuvre analogue sans déranger l'indication de signal donnée par l'appareil à trois positions. La position des combinateurs 5 et 6 change chaque fois que l'on change le sens de la marche d'une machine et ils servent ainsi de *sélecteurs* entre les deux sabots *E* et *E'*.

D'après les constructeurs des appareils du système Miller, un train remorqué par une locomotive munie de ce mécanisme d'arrêt automatique peut stopper complètement sur un parcours de 600 mètres, même s'il est lancé à une vitesse de 100 kilomètres à l'heure sur une pente.

Cet appareil, qui est en service sur plusieurs réseaux de l'Amérique du Nord, — notamment sur les lignes du Chicago Eastern Railroad, — est du type dit électro-mécanique. Une pédale fixée sur les extrémités des traverses, parallèlement au rail de droite, et à 0 m. 56 de ce dernier (extérieurement à la voie), est rencontrée par un organe suspendu à la locomotive. On place les pédales en avant de chaque signal du bloc-system automatique, à une distance suffisante pour permettre aux trains rapides de s'arrêter avant le signal, sans courir le risque de dépasser ce dernier. Quand elle n'est pas parcourue par un courant électrique, la pédale provoque le fonctionnement des freins à air. Quand elle fait, au contraire, partie d'un circuit électrique, elle actionne un électro-aimant placé sur la locomotive qui empêche le fonctionnement des freins à air. Ce système, complètement indépendant de la vitesse du train, ne comporte aucun signal visuel ou phonique, ni aucun indicateur de vitesse, mais, cependant, on peut facilement rétablir ces appareils qui ont été supprimés dans un but de simplification.







SABOT DE CONTACT SYSTÈME JULIAN BEGGS MONTÉ SUR LA LOCOMOTIVE

Le sabot de fonte E *est relié à un piston creux* M *sur la face supérieure duquel agit l'air comprimé. Quant le sabot* E *rencontre une pédale de voie, la soupape* C *actionne les coupe-circuits* S *ou* S' *et coupe ainsi le courant dans le circuit de l'appareil à trois positions :* Voie libre, Attention, Danger, *placé dans l'abri du mécanicien. Quand le sabot a dépassé la pédale, il est ramené dans sa position normale par un ressort à boudin en acier renfermé dans un carter* T.

Chaque pédale — formée d'un fer à T — longue de 54 millimètres, comporte en son milieu une courte section isolée et constitue virtuellement deux pièces de contact. L'extrémité de la pédale correspondant à la direction inverse de celle des trains circulant, la voie n'est jamais électrisée, de telle sorte qu'une machine circulant à contre-voie pour une manœuvre n'est jamais arrêtée intempestivement.

L'organe de contact placé sur la locomotive consiste en un sabot fixé à la partie inférieure d'un piston vertical mobile qui se déplace à l'encontre d'un ressort antagoniste. Le tout est suspendu en arrière des glissières de la tête de tige de piston. Le piston vertical remonte de 76 millimètres quand il rencontre la pédale dont le centre est placé 76 millimètres plus haut que le point extrême frappé directement par le sabot.

Le piston, en remontant, ouvre une soupape, ce qui permet à l'air comprimé provenant de la conduite générale du frein à air de pénétrer dans un petit cylindre à air placé sous l'abri du mécanicien. La pression exercée fait monter un piston qui actionne une bielle contrôlée par un verrou formant une serrure électrique. Le verrou, monté sur un axe, tourne si son aimant n'est traversé par aucun courant, mais ne peut tourner si

cet aimant est actionné par le courant. Quand le verrou tourne, un bras, fixé sur lui, agit sur une triple valve. L'air comprimé provenant de la conduite générale du train pénètre alors dans le cylindre de commande qui ouvre le robinet du mécanicien en provoquant le genre d'application des freins dit « arrêt de service ». Le robinet spécial ou « régulateur » qui contrôle l'admission de la vapeur de la chaudière aux divers cylindres de la locomotive se ferme en même temps.

Le verrou électrique est actionné par un courant fourni par une batterie de piles développé aux Etats-Unis sur les interminables voies ferrées des Etats de l'Ouest.

Cependant, l'arrêt automatique n'est réellement admissible et pratique qu'au cas où le personnel des trains peut se rendre facilement compte des causes qui provoquent le fonctionnement des appareils et surtout se renseigner sur la durée probable de l'arrêt. On ne peut pas admettre, en effet, qu'un convoi de voyageurs stationne en pleine voie, ou dans une petite gare intermédiaire, pendant plusieurs heures, soit en plein soleil, soit lors d'une tempête de neige, sans que la

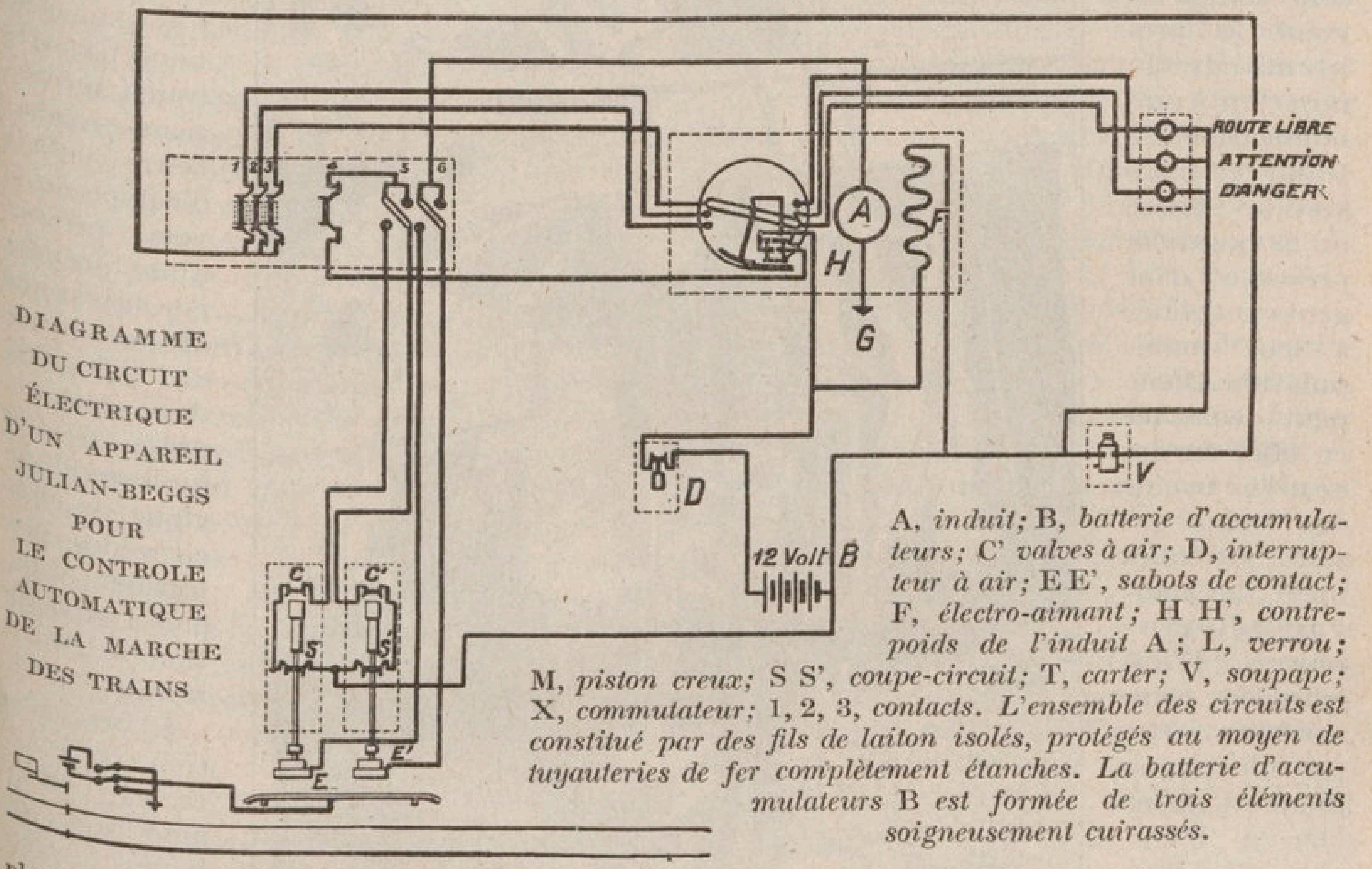


DIAGRAMME DU CIRCUIT ÉLECTRIQUE D'UN APPAREIL JULIAN-BEGGS POUR LE CONTROLE AUTOMATIQUE DE LA MARCHE DES TRAINS

A, *induit;* B, *batterie d'accumulateurs;* C' *valves à air;* D, *interrupteur à air;* E E', *sabots de contact;* F, *électro-aimant;* H H', *contre-poids de l'induit* A; L, *verrou;* M, *piston creux;* S S', *coupe-circuit;* T, *carter;* V, *soupape;* X, *commutateur;* 1, 2, 3, *contacts. L'ensemble des circuits est constitué par des fils de laiton isolés, protégés au moyen de tuyauteries de fer complètement étanches. La batterie d'accumulateurs* B *est formée de trois éléments soigneusement cuirassés.*

placée le long de la voie. Ce courant est transmis par un fil conducteur, protégé par un tube, et reliant le sabot à une boîte située dans l'abri du mécanicien et dans laquelle est logé ledit verrou électrique.

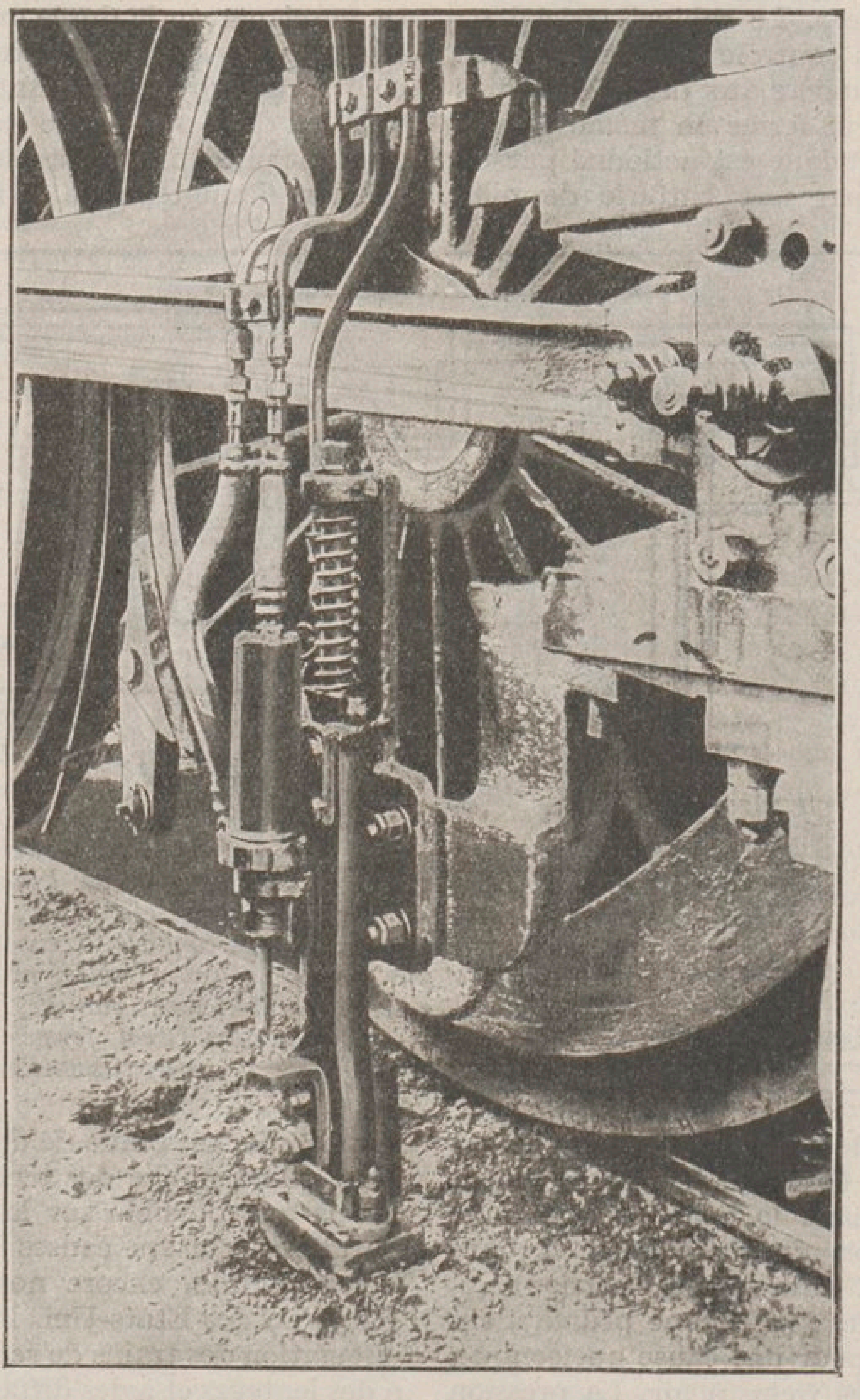
Ainsi, toutes les fois qu'une pédale manque de courant pour une cause quelconque, il y a serrage des freins à air. La pression voulue doit régner dans toute la tuyauterie d'air comprimé du train et s'il se produit une rupture, et par conséquent, une baisse de pression, les freins fonctionnent immédiatement.

Ces appareils rendent évidemment de grands services sur les lignes traversant des contrées où les stations sont très éloignées les unes des autres et où l'absence de barrières, ainsi que l'abondance du gros bétail ou des animaux sauvages, rendent les incidents de route fort nombreux. On comprend donc que leur emploi se soit particulièrement compagnie soit tenue de donner à ses agents ainsi qu'au public des renseignements aussi précis que possible sur la durée prévue de l'arrêt et sur ses causes connues. Sur les voies uniques, encore nombreuses dans le Far West des Etats-Unis l'organisation et la circulation des trains de secours donnent lieu à des lenteurs et à des difficultés prolongeant souvent pendant plusieurs heures des arrêts que l'on pourrait réduire de beaucoup si l'incident avait lieu sur une double voie.

Ces considérations ont conduit les administrations de chemins de fer américaines à installer des systèmes de communication télégraphiques ou téléphoniques permettant aux agents des trains en détresse de s'informer rapidement des causes des arrêts ou de prévenir les grandes gares des avaries de matériel ou de voie qui ont pu les empêcher momentanément de continuer leur route.

Cette précaution complète admirablement les services rendus par les appareils automatiques et elle permet de corriger efficacement l'inconvénient que présentent ceux-ci au point de vue de la soudaineté des arrêts et de l'incertitude où se trouvent le personnel et les voyageurs au sujet de leurs véritables causes.

Les appareils télégraphiques n'ont jamais résolu complètement le problème de la mise en communication des trains avec les stations parce qu'ils exigent la présence d'agents entraînés à leur manipulation. On ne peut compter en effet sur les conducteurs des trains qui sont généralement de mauvais télégraphistes. D'ailleurs, les communications par voie télégraphique donnent lieu à l'emploi d'alphabets spéciaux, ce qui ralentit beaucoup la vitesse d'échange des renseignements. On a décrit dans *La Science et la Vie* des appareils télégraphiques complexes mettant les conducteurs des convois en communication directe avec les agents sédentaires chargés du mouvement des trains. Or, on ne peut songer à développer à l'infini cette solution qui entraînerait des dépenses considérables de matériel et de personnel.



APPAREIL D'ARRÊT AUTOMATIQUE DES TRAINS SYSTÈME MILLER MONTÉ SUR UNE LOCOMOTIVE

L'avenir semble devoir appartenir en cette matière aux appareils téléphoniques qui fournissent la solution la plus parfaite du problème considéré. En effet, l'installation du téléphone est beaucoup moins chère que celle du télégraphe, surtout au point de vue du matériel. De plus, l'agent le plus maladroit et le plus illettré peut toujours être mis à même de se servir d'un récepteur téléphonique abrité dans un petit poste étanche placé le long de la voie. A tout instant, les agents directement intéressés au mouvement des trains, mécaniciens, conducteurs, chefs d'équipe de la voie, peuvent ainsi prendre connaissance des conditions du trafic. C'est donc dans cet ordre d'idées qu'il semble logique de chercher des perfectionnements dans l'exploitation des grands réseaux ferrés.

L'installation, en France, par l'armée américaine, de lignes exploitées suivant ces principes nouveaux, a appelé l'attention du monde des chemins de fer sur la nécessité de réaliser enfin un effort décisif qui mette nos compagnies françaises à même d'augmenter l'activité de leur trafic tout en assurant aux trains une sécurité très grande dans tous les cas. C'est là un progrès désirable pour tout le monde et que l'on doit souhaiter voir s'accomplir le plus tôt possible en Europe où la circulation intense des trains rend les accidents de plus en plus fréquents et graves.

JULES TARDIF.

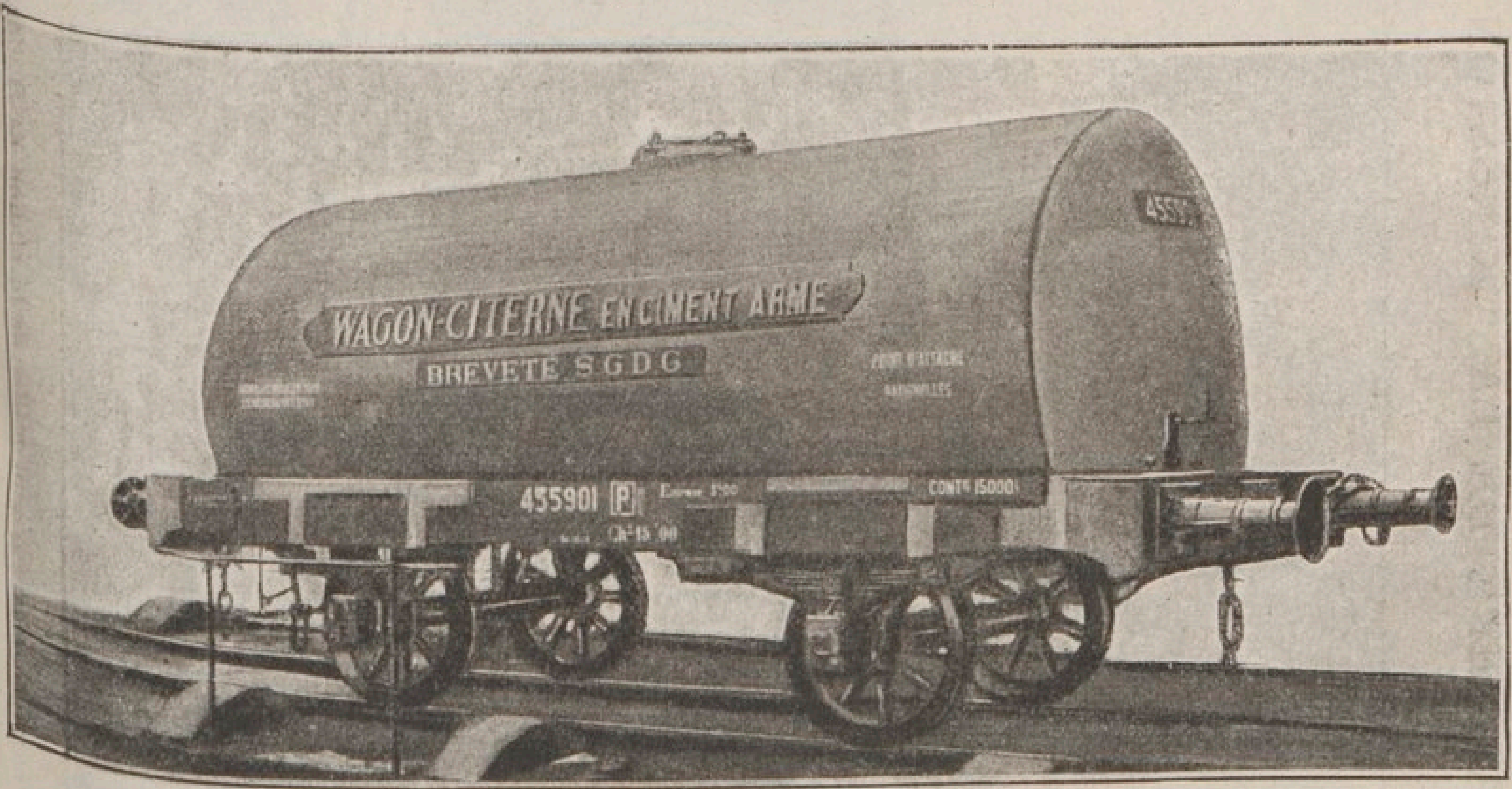
DES WAGONS-CITERNES EN CIMENT ARMÉ

Ce ne sont pas seulement des bateaux que l'on construit actuellement en ciment armé, mais aussi des wagons-réservoirs. Nous accueillons cette nouveauté avec d'autant plus d'intérêt qu'elle est due à des ingénieurs français, et qu'à ce titre, elle va donner naissance et essor en France à une industrie nouvelle susceptible de concourir au regain d'activité nationale que nous souhaitons si ardemment voir se réaliser.

Outre la matière dont, pour la première fois, on fait usage dans cette construction, le wagon-citerne, en ciment, de MM. Coanda et Froté présente ceci de particulier que son châssis forme, avec la citerne proprement dite, un seul monolithe qui repose sur les essieux, par l'intermédiaire de quatre ressorts de suspension. La rigidité de l'ensemble est donc parfaite. Dans le ciment sont noyées des barres d'acier qui ont à supporter les efforts de traction. Le châssis, qui mesure cinq mètres vingt-cinq centimètres, tampons non compris, est composé de deux longerons latéraux, de deux traverses de tête et de quatre traverses intermédiaires qui sont reliés ensemble par une dalle formant en même temps le fond de la citerne, laquelle a la forme d'un cylindre horizontal aplati à la base. Les parois internes du réservoir sont revêtues d'un enduit imperméable spécial.

Dans le cas de liquides de densité égale à 1 (densité de l'eau pure), la capacité du wagon-citerne est de seize mille cinq cents litres.

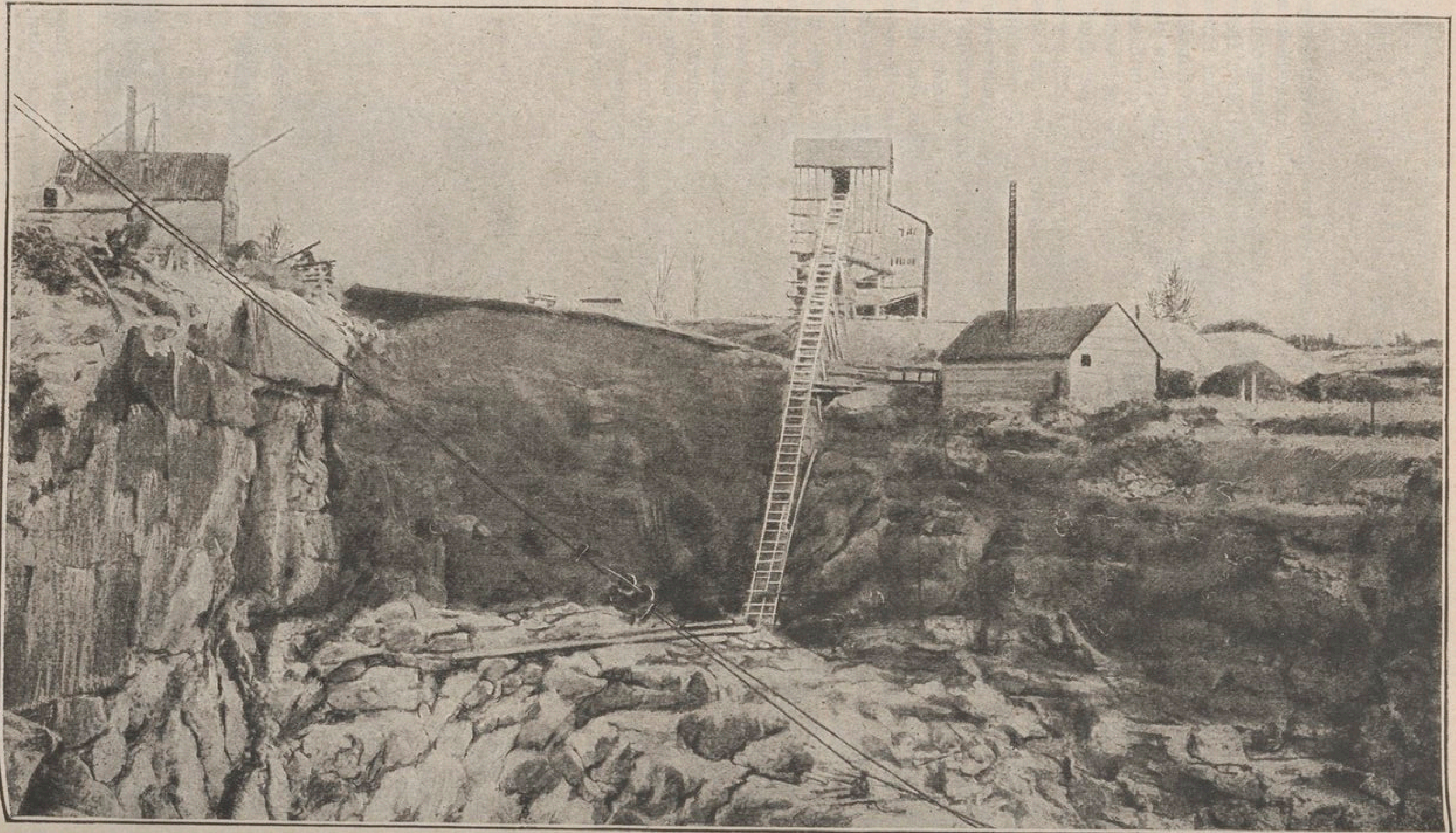
Une série d'essais, effectués à Beaumont-sur-Oise en présence du colonel Rabut, inspecteur général des Ponts et Chaussées, et de représentants autorisés des Chemins de fer de l'Etat, du Nord et du Commissariat des Essences, a établi la parfaite solidité des wagons en ciment armé. Le choc contre butoir du wagon utilisé pour les essais n'a rien révélé d'anormal pour des vitesses de dix et vingt-cinq kilomètres, bien qu'à cette dernière vitesse, le choc démolisse complètement le butoir. Lancé sur des sabots, d'abord à une vitesse de dix kilomètres, puis de vingt-cinq, le wagon glissa, dans le premier cas, sur dix mètres, et, dans le second, sur plus de vingt-sept, sans qu'il en soit résulté pour lui le moindre dommage. Voilà, avouons-le, des résultats concluants. Faut-il ajouter que les réservoirs ordinaires construits en ciment sont naturellement étanches, dispensent de l'opération laborieuse du rivetage, qu'ils sont inoxydables, relativement faciles à réparer, etc...? Nous savions tout cela, mais nous n'avions pas encore pensé à fabriquer des wagons-citernes en ciment armé; le mérite des ingénieurs Froté et Coanda est précisément d'y avoir songé.



VOICI LE PREMIER WAGON-CITERNE FRANÇAIS QUI AIT ÉTÉ CONSTRUIT EN CIMENT

Le réservoir a la forme d'un cylindre horizontal aplati à la base. Il forme avec le châssis un seul monolithe qui repose sur les essieux par l'intermédiaire de quatre ressorts.

CARRIÈRE DE LA " KINGSTON FELDSPAR COMPANY ", A BEDFORD (CANADA)



De cette carrière, située à sept milles de la station de Bedford (province d'Ontario), on extrait d'importantes quantités de feldspath, ou minerai de potasse.

LES GISEMENTS DE POTASSE DANS LE MONDE ENTIER

Par Stanislas MEUNIER

PROFESSEUR AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

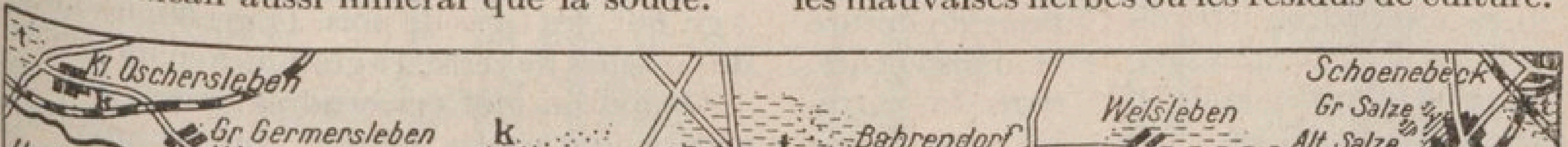
La potasse, c'était, pour nos pères l'*alcali végétal*, nom qui rappelle très exactement l'origine d'où elle dérivait, en même temps que le procédé de sa fabrication, qui supposait le lavage dans des vases de terre (*pot*), des cendres (*ashs*) végétales.

C'est, en effet, une substance qui, pendant bien longtemps. a été exclusivement un produit botanique et qu'on prétendait, par sa qualification, distinguer sans ambiguité de la soude, alcali minéral. A cet égard, les choses ont bien changé, car nos besoins croissants, amenant avec eux une disette de plus en plus grande, nous ont poussés à chercher d'autres gisements de la précieuse substance, que notre labeur nous a définitivement fait découvrir dans un certain nombre de pays. La potasse sera, de plus en plus, un alcali aussi minéral que la soude.

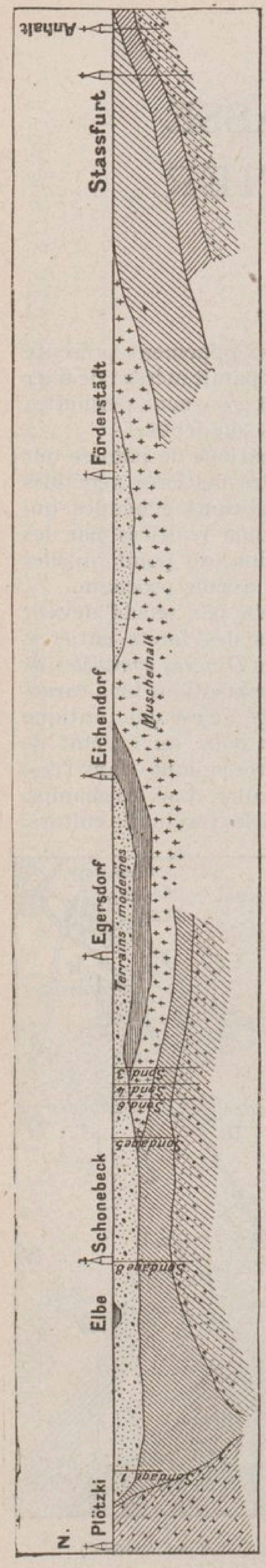
L'histoire de ce développement présente quelque intérêt et nous paraît mériter de fixer l'attention un moment ; on nous permettra donc de la prendre dès son début.

Les premières fabrications de potasse ont consisté à l'extraire des matières végétales et supposent des conditions générales qui sont de moins en moins réalisées par les progrès de la civilisation, au point qu'elles disparaîtront dans un avenir prochain.

Tout d'abord, on n'a pas reculé devant l'incendie allumé dans des forêts entières, et l'on trouve, dans les *Œuvres complètes de Bernard Palissy*, des descriptions bien caractéristiques de *l'essartage* : c'est une pratique qui n'existe plus chez nous qu'à l'état de réduction presque microscopique, dans l'*écobuage*, qui consiste à brûler, dans les champs, les mauvaises herbes ou les résidus de culture.



CARTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN POTASSIFÈRE DE STASSFURT (PRUSSE SAXONNE)



COUPE GÉNÉRALE, ENTRE PLÖTZKI ET ANHALT, DE L'IMPORTANT BASSIN SALIFÈRE PRUSSIEN DE STASSFURT

On coupait les arbres à fleur de sol, et c'est après avoir dispersé leurs cendres dans la terre végétale qu'on substituait, à la sylviculture, la production de plantes directement nutritives pour l'homme, les céréales et plus particulièrement le seigle.

Sans en épuiser la liste, on peut remarquer que la potasse, soit seule, soit combinée avec diverses substances, joue un rôle capital : en métallurgie, à l'état de cyanure ; dans l'extraction de l'or; dans les opérations de dorure et d'argenture, dans la verrerie, sous forme de carbonate ou de silicate ; dans la fabrication des poudres explosives, à l'état de chlorate ; en teinture, sous forme de chromate et de ferrocyanure, qui nous donne le bleu de Prusse ; comme décolorant et désinfectant, sous la forme d'hypochlorite ou eau de Javelle ; comme matière conférant l'incombustibilité, à l'état de silicate ; comme conservateur des matières altérables et spécialement des viandes, sous forme de salpêtre (azotate) ; dans la fabrication des allumettes, comme chlorate ; dans la préparation des savons mous ; en agriculture, comme engrais ; en photographie, où l'usage du bromure et du cyanure sont de tous les instants ; en médecine et en chirurgie (pierre à cautère), bromure, iodure, sulfure : ce dernier plus ordinairement connu sous le nom de foie de soufre, etc...

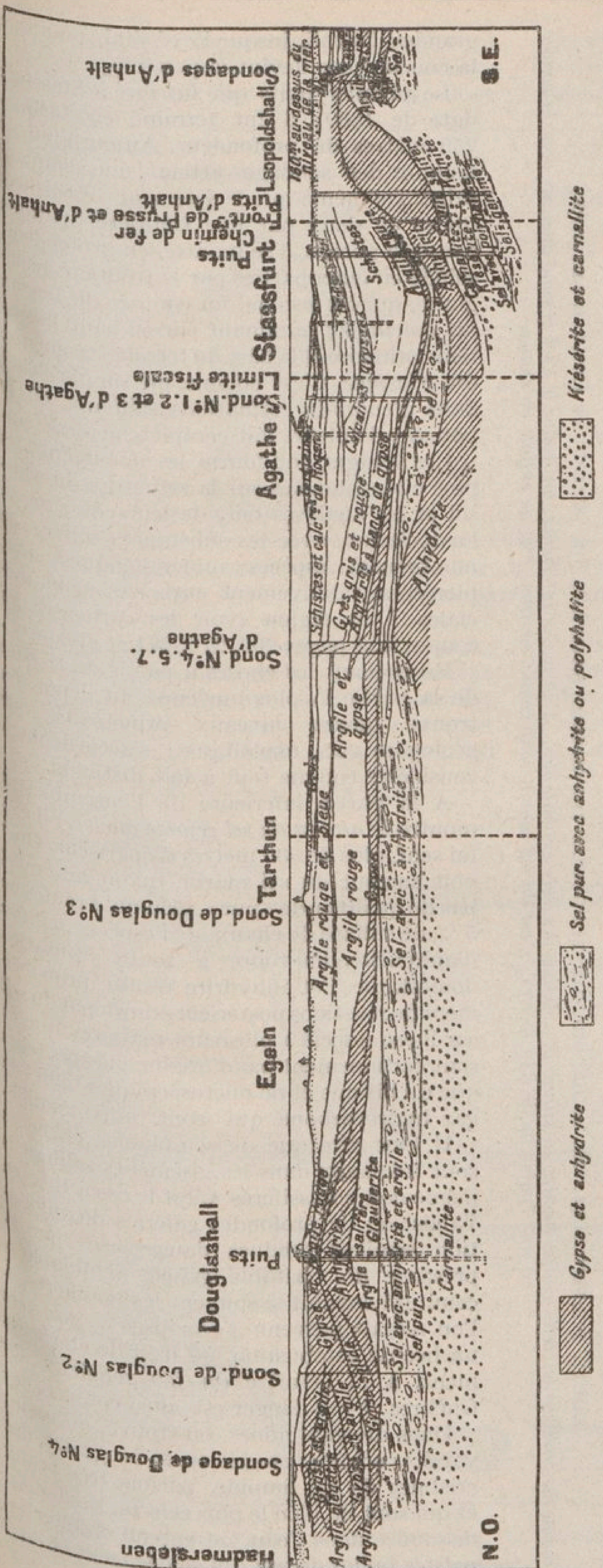
D'ailleurs, il importe de dire que le mot de potasse est employé bien souvent d'une manière inexacte, l'oxyde de potassium étant d'une instabilité extrême. Dans l'usage courant, cette appellation ne désigne pas autre chose que le carbonate de potasse. C'est la combinaison de la potasse avec l'acide carbonique qui est, comme on le sait, l'un des composants normaux de l'atmosphère.

Pour en revenir aux procédés de la fabrication initiale, ajoutons que les diverses plantes sont d'une richesse très inégale en cendres. Le résidu de la combustion de l'aulne représente 0 gr. 40 de cendres pour 100 grammes de bois ; le charme en fournit 0 gr. 60 ; le peuplier, 0 gr. 80 ; le sapin, 0 gr. 85 ; le bouleau, 1 gramme ; le pin, 1 gr. 5 ; le chêne, 3 gr. 3. Parmi les plantes herbacées, le chardon vulgaire donne 4 gr. 03 ; la paille de blé, 4 gr. 5 ; le sarment de vigne, 4 gr. 66 ; les tiges de pois, 11 gr. 30, les fanes de pommes de terre, 15 grammes en moyenne.

Quand on met ces cendres dans l'eau, on sépare une partie soluble, qui est qualifiée de *salin* et une partie insoluble, qui est appelée *charrée*. La quantité de ces deux éléments est sujette à des variations assez importantes. Les fougères fournissent 29 grammes de salin pour 71 de charrée ; le sapin, 25,70 pour 74,30 ; le hêtre blanc, 19,22 pour 80,78 ; le bouleau, 16 pour 84 ; le chêne, 12 pour 88 ; la paille de blé, 10,10 pour 89,90.

La charrée peut être employée comme engrais, grâce aux matières organiques et aux phosphates qu'elle contient ; le salin est transformé par une calcination à l'air qui le prive de tout élément organique. Les variétés de potasse ainsi obtenues sont diversement colorées, à cause des impuretés qu'elles renferment, telles que des traces de fer, de manganèse ou d'autres substances. Les plus belles potasses sont blanches. On les appelle *perlasses*, nom qui est une corruption de l'anglais *pearl ashes*, cendres perlées.

Depuis nombre d'années, on s'est avisé que les plantes marines sont plus riches en potasse que les plantes terrestres, et, dans beaucoup de localités littorales, on les sou-

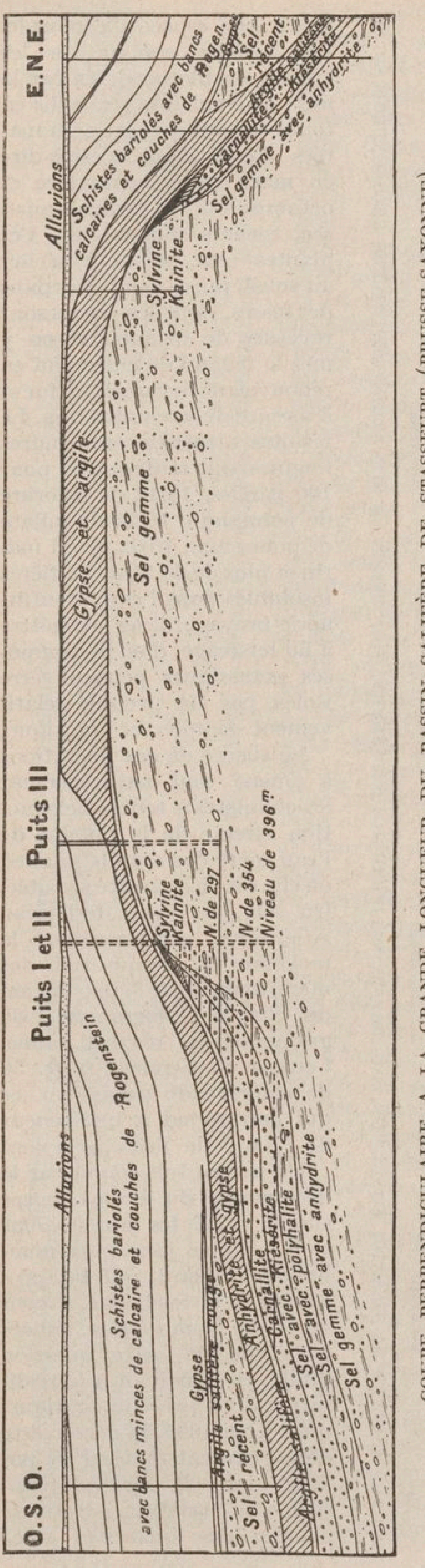


COUPE, SUIVANT SA GRANDE LONGUEUR, DU BASSIN SALIFÈRE DE STASSFURT, MONTRANT LA SITUATION DES DIVERS SELS EXPLOITABLES

met à une espèce d'écobuage. Les *varechs*, comme on les appelle en bloc, rejetés par la mer, peuvent être recueillis en toute saison; aux grandes marées d'équinoxes, c'est-à-dire en mars, avril, septembre et octobre; on en arrache aussi aux rochers sous-marins. Ces plantes sont mises à sécher au soleil, puis accumulées dans des fosses, dont les parois sont revêtues de briques, et on y met le feu, qu'on entretient en renouvelant le varech, au fur et à mesure de sa combustion. Le résultat consiste en cendres fondues qui renferment, pour 100 parties, 13,48 de chlorure de potassium, 10,20 de sulfate de potassium, 16,02 de sel marin et plus de 50 % de matières insolubles dans l'eau. Il suffit, après broyage, de les soumettre à un lessivage, d'où les composés potassiques peuvent être isolés, par un procédé relativement simple et pratique.

Le succès de ces opérations a amené tout naturellement les chimistes à tenter l'extraction directe de la potasse de l'eau mère des marais salants, où elle est en quantité sensible. On sait que l'eau de l'océan Atlantique, qui représente la moyenne de composition des mers, fournit par l'évaporation de chaque kilogramme, 35 grammes de résidus salins. Ceux-ci contiennent 0 gr. 59 de chlorure de potassium, ce qui correspond à une teneur de 1,8 0/0 de l'eau de la mer.

Un savant très connu par la découverte du brome, corps simple dont les applications sont chaque jour plus nombreuses, Balard, qui fut professeur à la Sorbonne, a consacré de nombreuses années à l'étude de cette question vitale, et il arrivait à la réalisation d'un procédé pratique, quand, en 1835, la découverte d'un gisement minéral de potasse dans la localité prussienne de Stassfurt, jeta sur le marché des quantités assez



COUPE PERPENDICULAIRE A LA GRANDE LONGUEUR DU BASSIN SALIFÈRE DE STASSFURT (PRUSSE SAXONNE)

Comme la précédente, cette coupe montre la situation relative des sels exploitables. A la partie inférieure, on trouve le « sel gemme ancien » dont la couche a une épaisseur de 330 mètres ; c'est du sel marin renfermant environ 5 % de sulfate de chaux.

grandes d'alcali, jusque-là végétal, pour que la concurrence devînt impossible.

Le premier puits qui fut foré à Stassfurt date de 1839; il fut terminé en 1843, à 256 mètres de profondeur. Aujourd'hui, le nombre des sondages atteint une cinquantaine. De même que le gisement s'est trouvé divisé en deux par une frontière politique avant la guerre, il se montre, en profondeur, scindé en deux parties par la frontière géologique, qui correspond au contact du terrain dit *thuringien* terminant par en haut le système primaire et la base du terrain secondaire, dit *triasique*. C'est comme un simple détail dans d'énormes formations salifères, où la potasse, d'ailleurs fait complètement défaut.

Les forages ont fourni les documents les plus circonstanciés sur la structure du sous-sol et les analyses ont, de leur côté, révélé l'association, avec les substances salines, de nombreuses espèces minéralogiques dont plusieurs, relativement curieuses, sont spéciales à la région (voir les cartes et les coupes aux pages 269, 270, 271 et ci-contre).

En prenant les choses à partir de la base de la partie la plus ancienne du dépôt, on trouve quatre niveaux principaux que géologues et exploitants s'accordent à considérer comme tout à fait distincts.

A la partie inférieure de l'ensemble, se montre le *niveau du sel gemme ancien* : il a, à lui seul, plus de 330 mètres d'épaisseur. On y voit surtout du sel marin, qu'on ne craint pas de qualifier de « pur », bien qu'il renferme 5 % de sulfate de chaux, de l'espèce qualifiée d'anhydrite, impropre à toute utilisation domestique. Cet anhydrite résulte probablement de réactions postérieures au dépôt du sel, car il est associé à plusieurs matières qui ne sont certainement pas d'origine marine, telles que du bitume et de microscopiques bulles de gaz hydrocarboné qui sont inflammables.

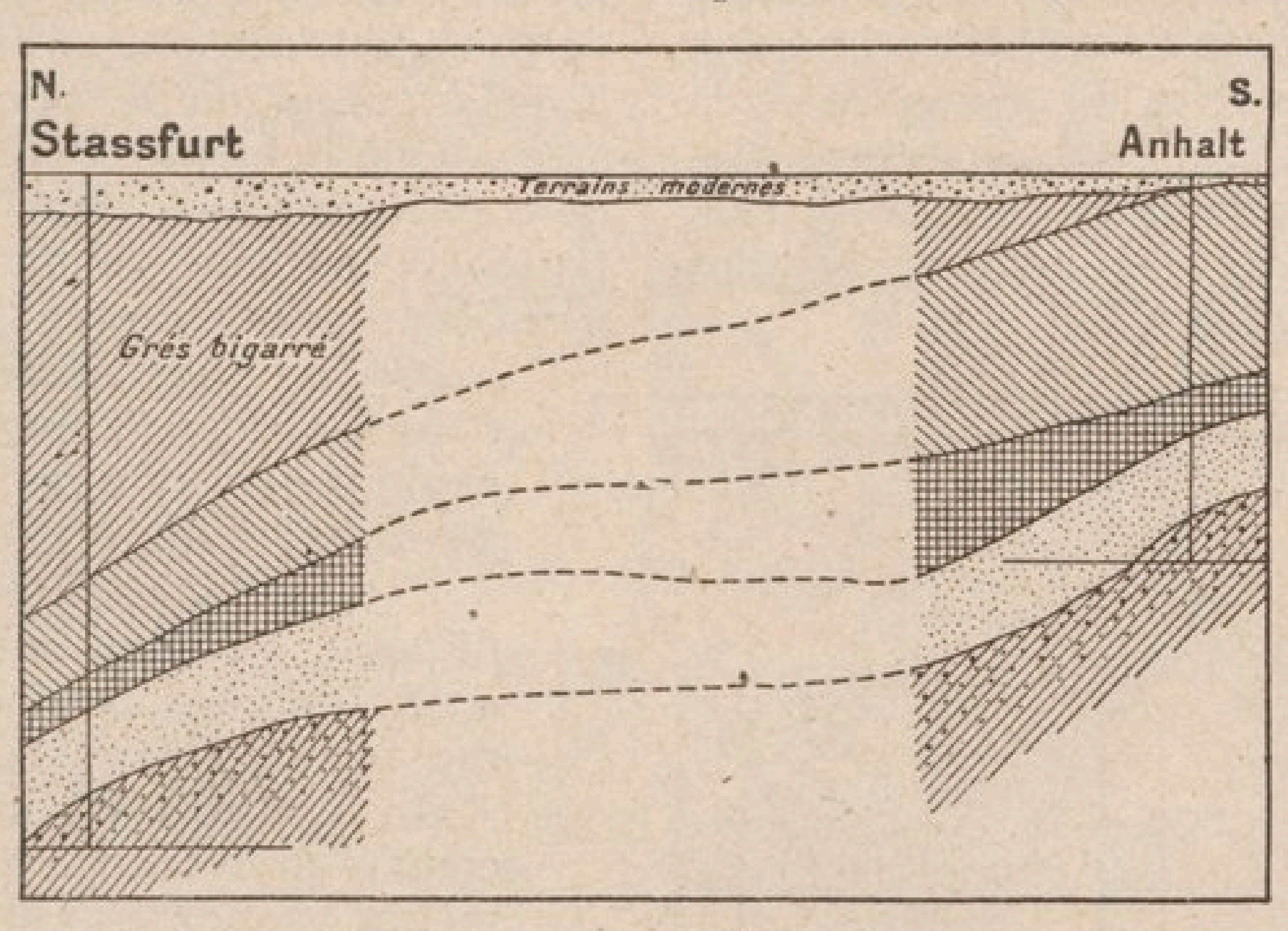
Il faut dire que de semblables éléments sont fréquents dans les gisements salifères, même non potassifères. C'est le cas à Bex, en Valais, où de profondes galeries d'exploitation seraient rendues dangereuses par la présence de véritable *grisou*, semblable à celui qui envahit si souvent les houillères, si l'on n'était parvenu à canaliser ce gaz vers un bec de combustion, où il brûle éternellement, à la manière du feu religieux des Guèbres. Tout danger est ainsi conjuré.

Dans diverses mines, on trouve, outre des variétés colorées en gris ou en rougeâtre, des cristaux de sel limpide, parfois très beaux et qui sont du bleu le plus céleste. Les fait-on dissoudre dans l'eau, on entend crépiter de petites bulles de gaz qui se dégagent et on

l'étonnement, compréhensible, d'assister à la disparition absolue de toute coloration.

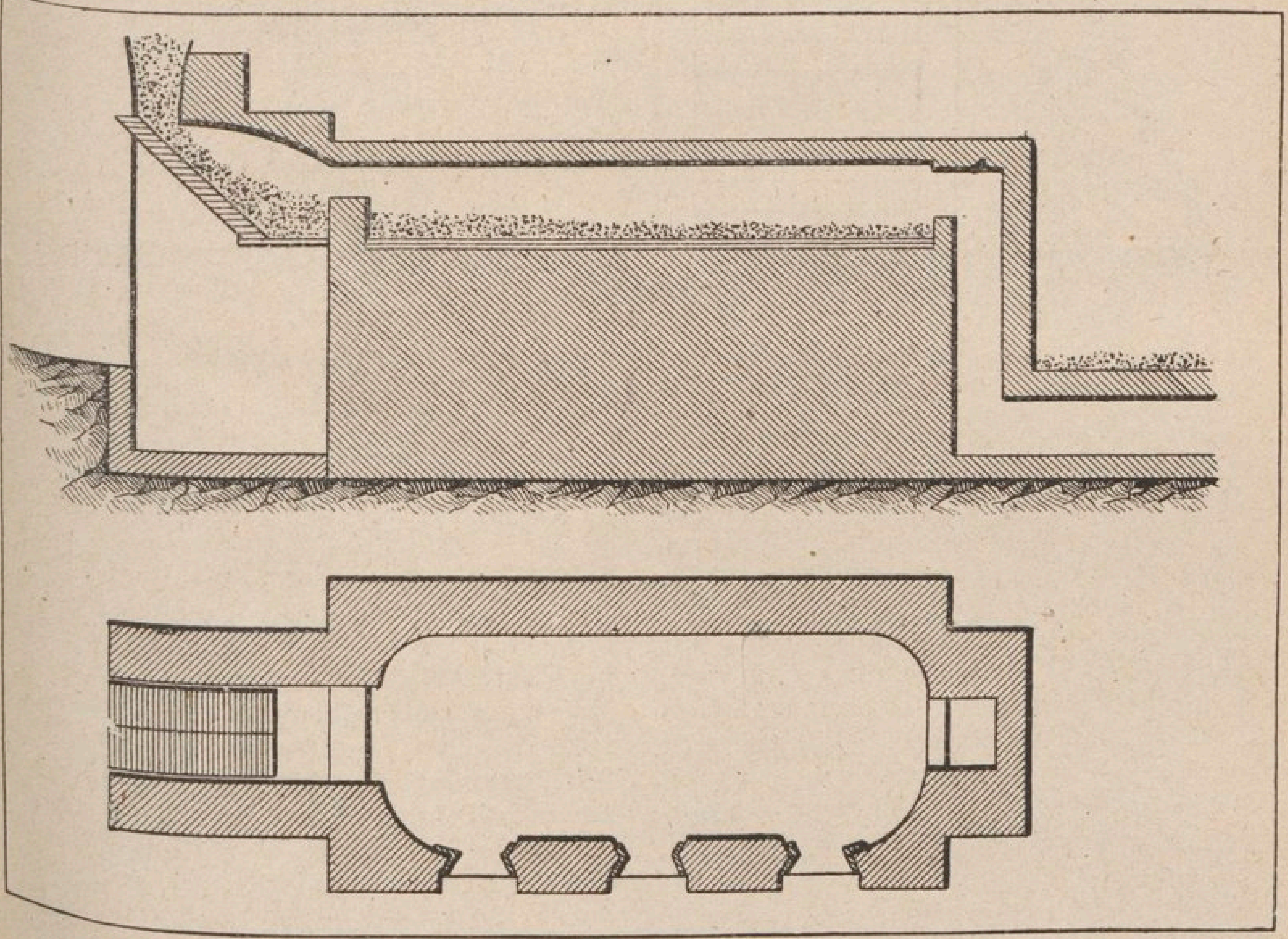
A Stassfurt, les hydrocarbures sont mélangés à l'hydrogène qui, en très grand excès, est associé avec plusieurs gaz très rares, tels que l'hélium et le néon. Le sel du niveau inférieur y est le plus souvent compact, mais il est parfois fibreux, à la manière de beaucoup de substances concrétionnées dans les fissures du sol, comme le gypse en veines, l'albâtre calcaire et même des substances métalliques, l'hématite brune (oxyde de fer hydraté), par exemple.

Au-dessus de ce niveau inférieur, qui est remarquable par la forte proportion qu'on y rencontre de borate hydraté de calcium et de magnésium, se présente, avec une épaisseur incomparablement moins forte, qui ne dépasse guère 40 mètres, la zone dite de la *polyhalite* et du *sel magnésifère*, dont une variété est appelée *mamanite*, d'une localité persane (Maman) où l'on a signalé la présence de sel gemme potassifère, analogue à celui de Stassfurt, mais qui ne paraît pas avoir été exploité jusqu'ici.



COUPE MONTRANT L'ALLURE GÉNÉRALE DES COUCHES DANS LE BASSIN SALIFÈRE DE STASSFURT

La polyhalite est, comme on le devine, une association de plusieurs sels et principalement de trois sulfates, dont l'un est à base de chaux, le second à base de magnésie et le dernier à base de potasse : celui-ci représentant près



FOUR POUR LE TRAITEMENT DES SELS DE STASSFURT (PLAN ET COUPE EN LONG)

Ce four est plus spécialement employé à Stassfurt, pour la calcination du chlorure de potassium.

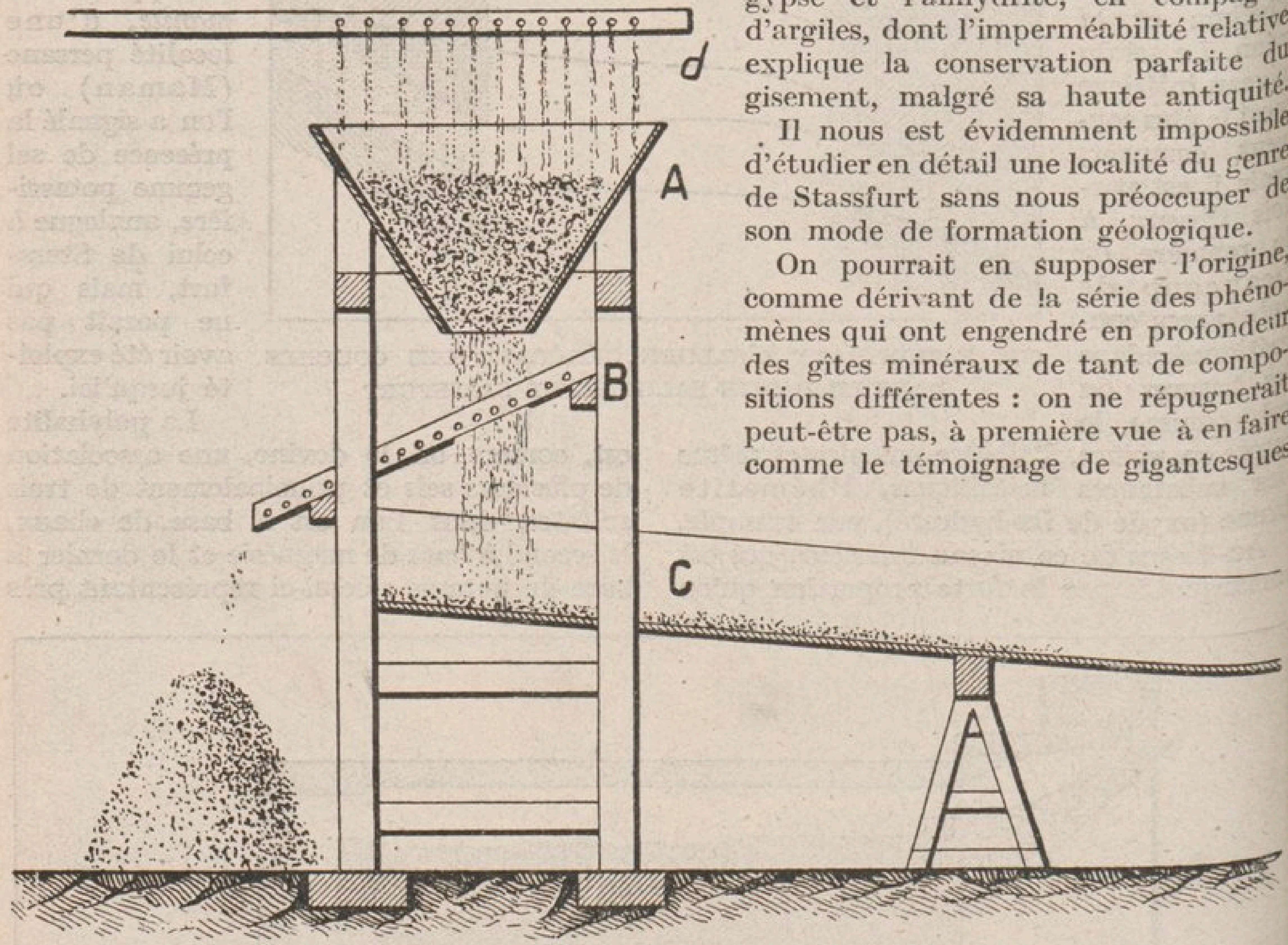
de 30 % du total, mais offrant des difficultés de purification assez considérables.

Le troisième niveau est celui de la *kiesérite*, c'est-à-dire du sulfate de magnésie hydraté. Il a environ 25 mètres de puissance et la kiesérite y forme, à diverses hauteurs, des lits dont les plus nombreux n'ont que deux à trois centimètres, mais qui, en certains points, en mesurent dix fois plus.

logiques qui accompagnent la carnallite, on peut citer spécialement la kaïnite, qui est un mélange de chlorure de potassium (sylvine) et de sulfate de magnésie (kiesérite), plus la stassfurtite, où le borate de soude est associé au chlorure de potassium. Cet ensemble, de valeur industrielle très importante, est couronné par une formation qui en constitue comme le toit, où abondent le gypse et l'anhydrite, en compagnie d'argiles, dont l'imperméabilité relative explique la conservation parfaite du gisement, malgré sa haute antiquité.

Il nous est évidemment impossible d'étudier en détail une localité du genre de Stassfurt sans nous préoccuper de son mode de formation géologique.

On pourrait en supposer l'origine, comme dérivant de la série des phénomènes qui ont engendré en profondeur des gîtes minéraux de tant de compositions différentes : on ne répugnerait peut-être pas, à première vue à en faire comme le témoignage de gigantesques



APPAREIL POUR LE TRAITEMENT DE LA KIESÉRITE (SULFATE DE MAGNÉSIUM)

Ce produit complexe est placé dans le récipient A *dont le fond est perforé et où le conduit* d, *percé de petits orifices, l'arrose d'une pluie continue. Le sulfate de potasse, relativement peu soluble, est entraîné en grains cristallins par le crible incliné* B, *tandis que la solution des composés magnésiens s'écoule par la table* C, *disposée suivant une légère inclinaison.*

Enfin, le niveau supérieur, qui est le théâtre de l'exploitation principale et qui atteint quarante mètres d'épaisseur, est caractérisé par la *carnallite*, qui est un chlorure double de potassium et de magnésium.

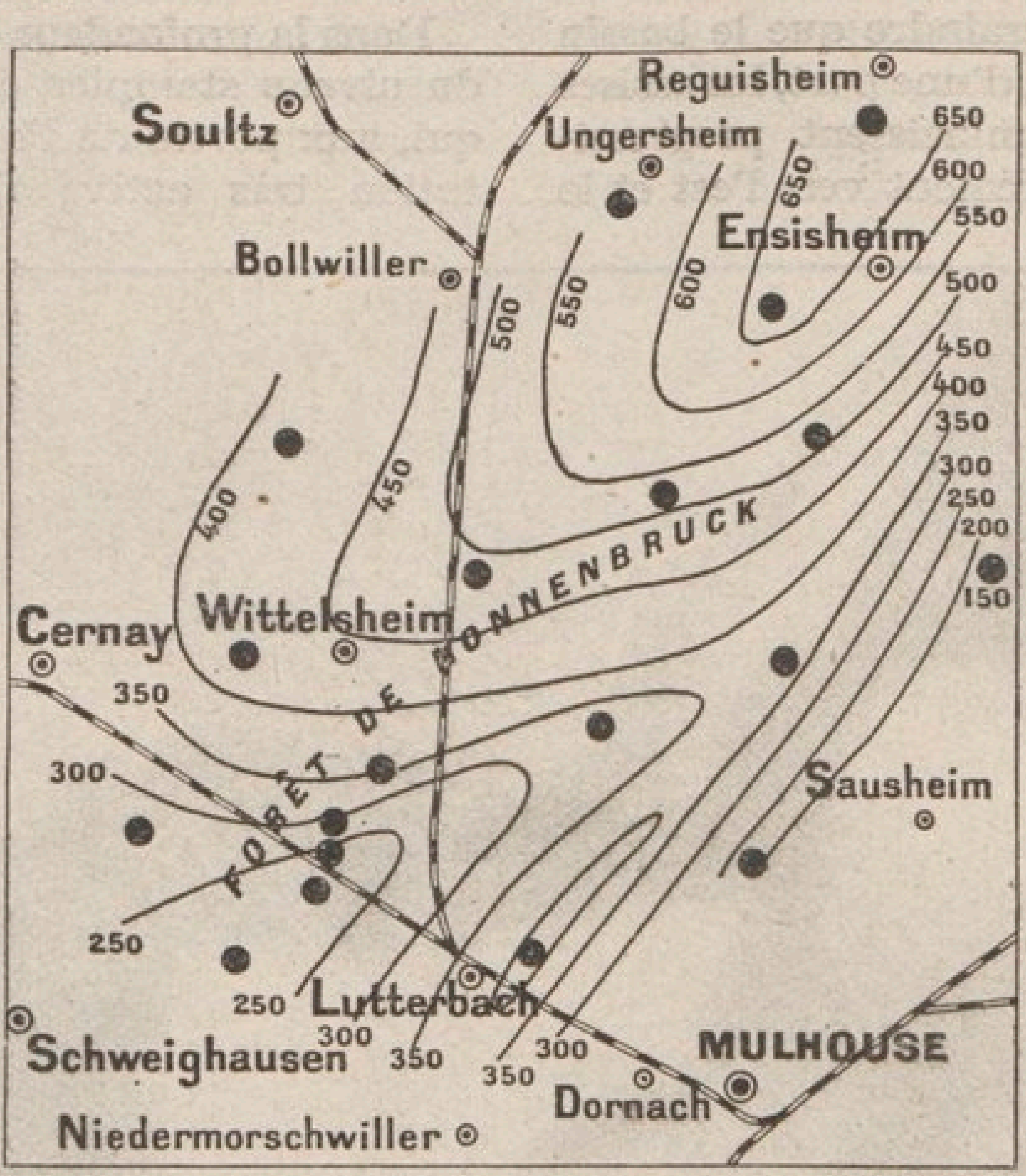
C'est une matière d'aspect salin, rarement incolore et, le plus souvent, rougie par la présence de traces de fer. Elle contient normalement une quantité, d'ailleurs variable, de sel marin. L'eau dans laquelle on la fait dissoudre laisse déposer de petits grains de quartz, un peu de rutile (ou titane oxydé) et de la limonite (oxyde hydraté naturel de fer).

Parmi quelques autres espèces minéra-

fumerolles souterraines, résultant de la rencontre d'émanations volcaniques, comparables à celles qui, par exemple, ont déterminé les amas d'étain et ceux de fer oligiste. Mais une grande difficulté est causée ici par la solubilité dans l'eau des matériaux accumulés. Depuis leur dépôt, s'il était possible aux hommes les mieux informés d'en comprendre les étapes, il semble qu'ils auraient subi, avec une telle continuité et une telle abondance, les effets de la circulation de tant d'agents chimiques, que leur conservation en serait rendue bien invraisemblable.

Aussi, et malgré des difficultés qu'il n'y

aurait aucun intérêt à dissimuler, se range-t-on généralement à supposer, dans les localités salifériennes, une espèce de fossilisation de marais salants.



LES GITES POTASSIQUES DE LA HAUTE-ALSACE

Sans insister outre mesure sur ces détails, il est de haut intérêt de constater qu'il existe, à l'époque actuelle, quelques localités où coexistent les principales conditions d'une création de ce genre : c'est-à-dire où l'eau marine serait contrainte de déposer son salin et où ce salin serait entouré, au fur et à mesure de sa concrétion, de protection assurant sa persistance à travers les âges. Un exemple frappant existe dans le Karaboghaz, situé sur le littoral oriental de la mer Caspienne.

De son côté, la Haute-Alsace possède une formation salifère, riche en potasse, qui laisse entrevoir des bénéfices prochains.

La découverte en est assez récente. C'est en 1904, qu'à Wittelsheim, au nord-ouest de Mulhouse, un sondage de 358 mètres rencontra le niveau potassique qui se continua sur 150 mètres d'épaisseur et fut poussé jusqu'à 1.120 mètres de la surface. De tous côtés, des chercheurs entreprenants suivirent l'exemple si brillamment donné, et plus de cent forages furent établis dans les alentours. La plupart de ces travaux, entrepris surtout pour s'assurer, dans l'avenir, un privilège d'exploitation, s'arrêtèrent à la rencontre du sel gemme, qui couronne partout la couche potassique. Dix-sept, cependant, pénétrèrent sous celle-ci, de sorte qu'on est particulièrement bien renseigné sur la surface très étendue du gisement.

La guerre, en interrompant les travaux, entrava les recherches, et c'est seulement sur 200 kilomètres carrés qu'on a suivi la forma-

CARRIÈRE DE FELDSPATH-ORTHOSE DE HUNDHOLM, A TYSFJORD (NORVÈGE)

tion, dont les limites provisoires passent par Dornach, Sennheim, Ungersheim, Ensisheim et Sausheim, au nord-ouest de Mulhouse.

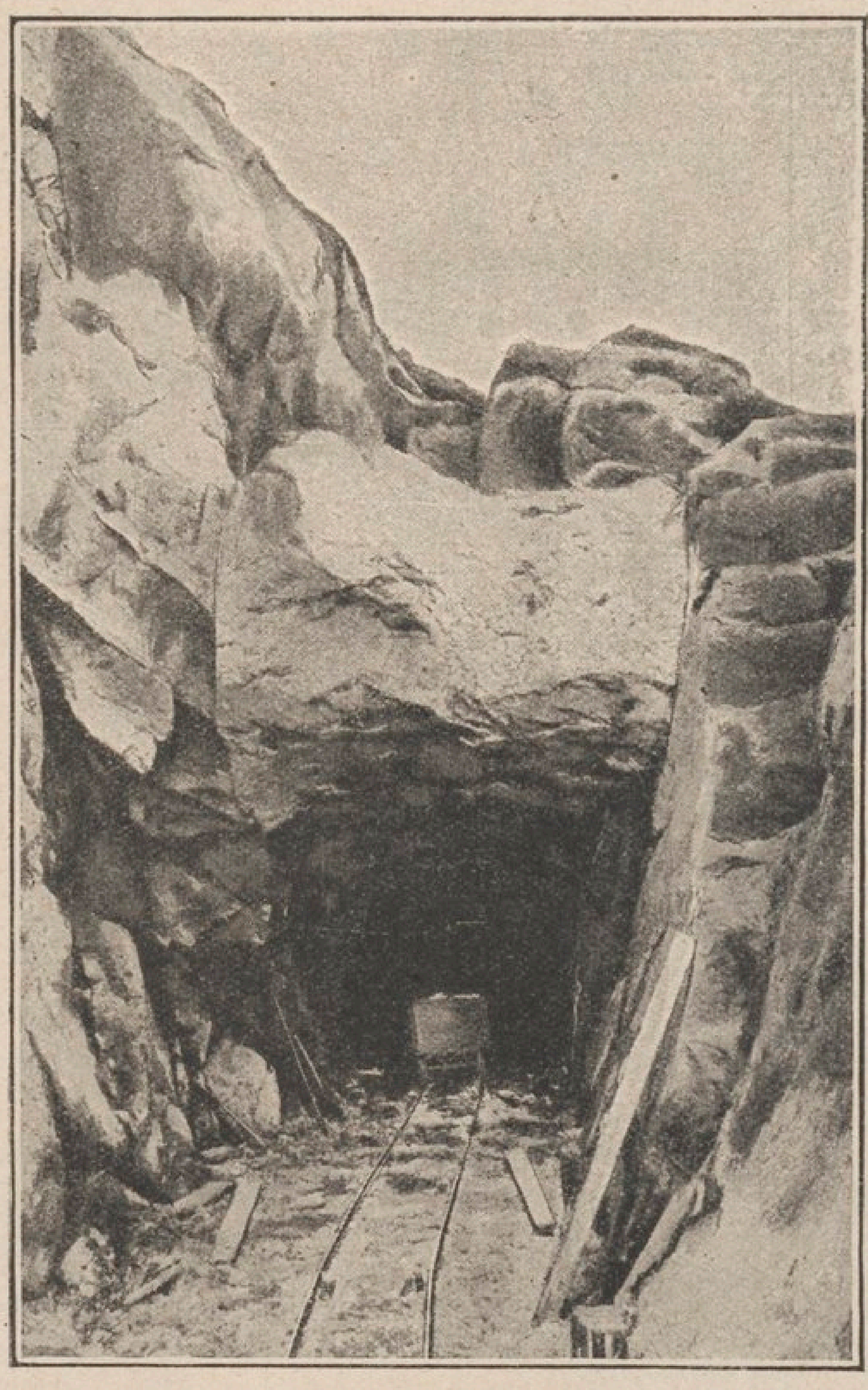
Toutefois, on peut craindre que le bassin soit assez restreint, car, d'une part, les assises qui le composent s'amincissent progressivement et très régulièrement vers l'est et le sud, avec une allure de dépôt en lentilles, et, d'autre part, il est traversé par deux failles qui pourraient bien avoir déterminé des rejets interrupteurs dans les directions du nord et de l'ouest.

C'est, comme on voit, une diffférence de manière d'être, relativement au dépôt de Stassfurt. Il y en a bien d'autres à signaler.

Tout d'abord, au lieu de nous trouver, comme dans la principauté d'Anhalt, au sein d'un terrain ancien, transitoire entre le système primaire et le système secondaire, c'est-à-dire entre les zones permiennes et les zones triasiques, nous sommes, à Mulhouse, dans le terrain stampien, le même dont, comme son nom l'indique, est fait le sol de la région d'Etampes et qui porte la forêt de Fontainebleau et d'autres bois voisins de Paris. Il s'agit donc du terrain tertiaire et même d'un terme élevé ou récent de cette série géologique.

Notons cette grande différence d'âge, qui est du plus vif intérêt, en ce qui concerne l'origine du dépôt, en montrant qu'il peut s'être reproduit, à divers moments de l'histoire de la terre, des conditions similaires ne représentant pas, par conséquent, l'intervention de causes exceptionnelles.

Dans la profondeur des sondages, on passe du niveau stampien au niveau dit tongrien qui, aux portes de Paris, livre à une exploitation très active d'épaisses couches de pierre à plâtre. Cette circonstance est un nouveau guide dans l'interprétation des origines du sel, car ce terrain tongrien est, en Alsace comme dans l'Ile-de-France, très riche en sulfate de chaux, seulement un peu modifié à Mulhouse par de l'anhydrite, qui serait comme une sorte de pierre à plâtre privée d'eau.

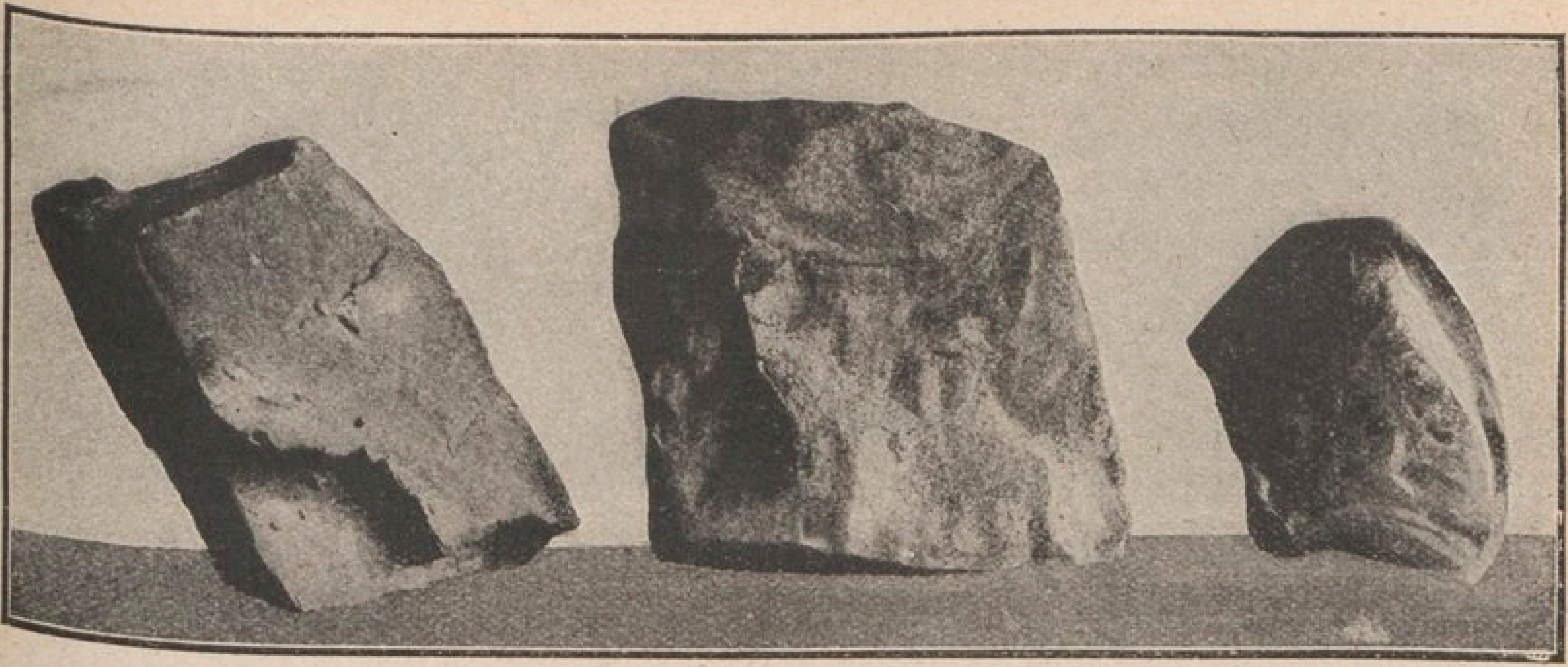


MÉTHODE D'EXPLOITATION D'UN DYKE DE FELDSPATH-ORTHOSE, A MOSKEN, DANS LES ILES LOFODEN (NORVÈGE)

Nous pouvons tabler sur le fait qu'à l'époque de la constitution du dépôt de Wittelsheim, la localité était littorale, à rivages très bas, qui permettaient des invasions peu volumineuses d'eau de mer, que le soleil et le vent évaporaient rapidement.

Une différence de Wittelsheim avec Stassfurt consiste aussi dans l'absence des sels de magnésium qui ont pu ne pas se déposer, ou que les phénomènes ultérieurs ont pu dissoudre au cours des siècles.

Comme nous l'avons dit plus haut, on a signalé encore la potasse à Maman, en Perse. A Kaluz, en Galicie, 600 tonnes de kaïnite ont été extraites du sol en 1891, mais, pour des causes diverses, l'exploitation n'a pas pu continuer. On a fait aussi de bonnes



SPÉCIMENS DE FELDSPATHS APPARTENANT A DES TYPES DIVERS

A gauche: fragment de clivage de feldspath-orthose (ou potassifère) des grandes carrières des environs de Limoges (Haute-Vienne); au centre: fragment d'eurite, ou orthose compacte, avec filets de mica, biotite, provenant des importantes carrières des environs de Québec (Canada); à droite: labrador pris comme exemple de feldspath ne renfermant pas de potasse.

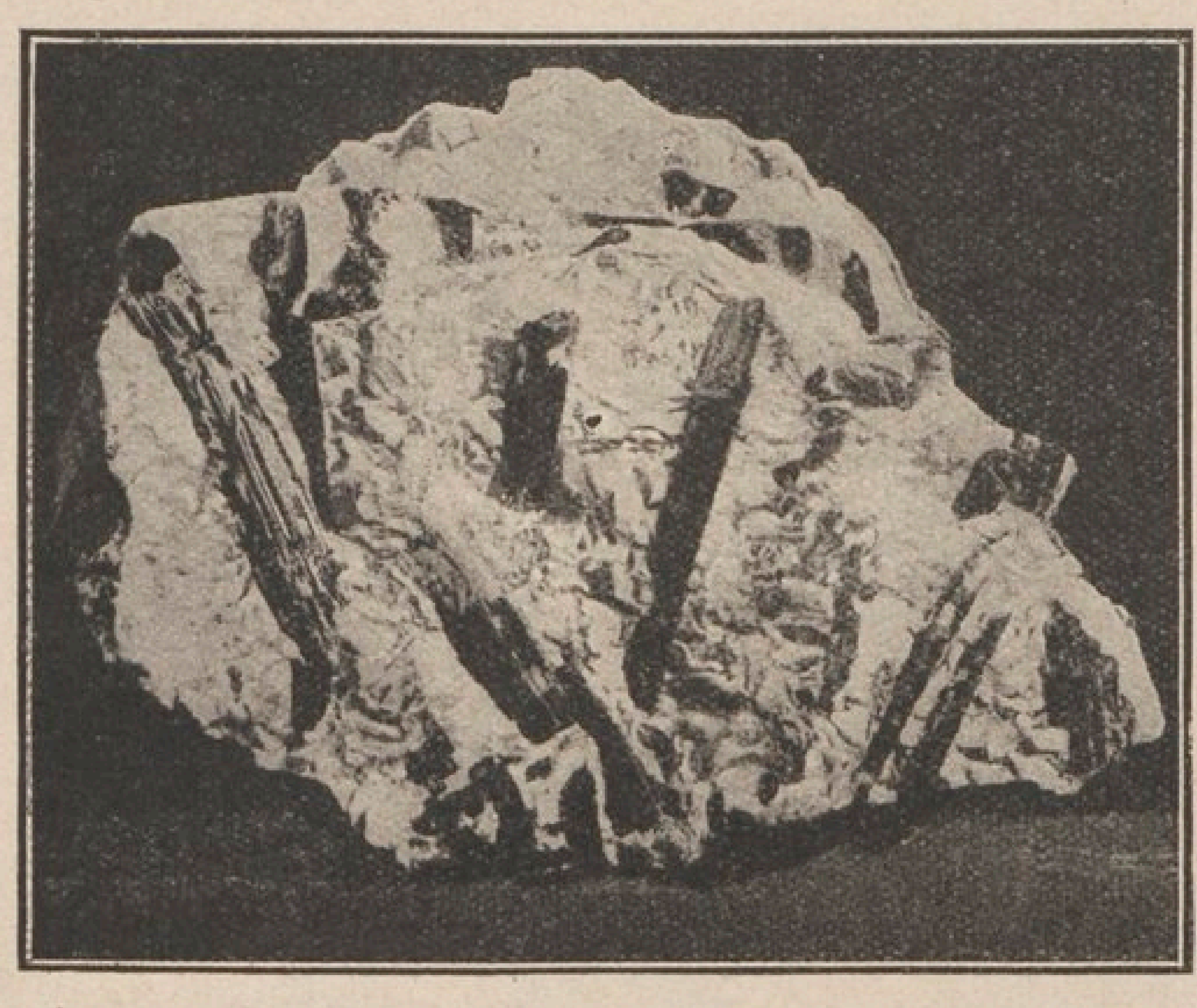
trouvailles dans quelques points des Indes anglaises, que Tacher a mentionnés en 1873.

En présence de cette pénurie relative de gisements potassifères, on s'est demandé si l'on n'obtiendrait pas des résultats beaucoup plus considérables, en demandant l'alcali à des sources purement minéralogiques. L'analyse chimique d'un grand nombre de roches et de minéraux y a, en effet, démontré la présence de la précieuse substance et sous différentes formes.

La visite de nombreuses cavernes ouvertes dans les roches calcaires, et même la substance de différentes variétés poreuses de pierre à chaux, met fréquemment le prospecteur en présence d'efflorescences de salpêtre (ou nitre), qui est de l'azotate de potasse. C'est le cas en Touraine, en Espagne, en Hongrie, en Arabie, où plusieurs localités, riches à notre point de vue, ont été signalées.

Celle de Bachard, dans l'Inde, a fourni jusqu'à 100 tonnes annuelles de nitre. Certains points des déserts de l'Egypte, de la Perse, du Pérou, du Chili, où beaucoup de variétés de *caliches* et de *salitres* sont potassifères, sont à mentionner. L'exploitation est, d'ailleurs, extrêmement facile, mais elle ne peut avoir qu'une importance très secondaire, à cause de la faible dimension des gisements.

Il n'en serait pas de même si l'on parvenait à extraire d'une manière industrielle la potasse que renferment plusieurs des roches profondes qui se signalent par leur masse colossale et dont l'exploitation serait pour ainsi dire indéfinie. Des spécialistes ont étudié ces matériaux avec soin, des chimistes en ont analysé des fragments dans le silence des laboratoires, et les résultats concordants de leurs travaux ont permis de nourrir pour l'avenir les plus riches



ROCHE FORMÉE DE FELDSPATH MICROLINE, AVEC ALBITE (FELDSPATH SANS POTASSE)

Ce fragment de roche, provenant de la carrière de Villeneuve, près de Québec, renferme de grands cristaux de tourmaline noire.

FRAGMENTS DE ROCHES POTASSIFÈRES DE VARIÉTÉS DIVERSES

A gauche : pegmatite quartzifère de Norvège, variété très pure dite harmophanite; au centre : microcline riche en potasse provenant des carrières de l'Arkansas (Etats-Unis d'Amérique) ; à droite : leptynite particulièrement riche en potasse et dont le rendement serait considérable.

espoirs. D'ailleurs, le tableau suivant, donnera une idée des teneurs en potasse :

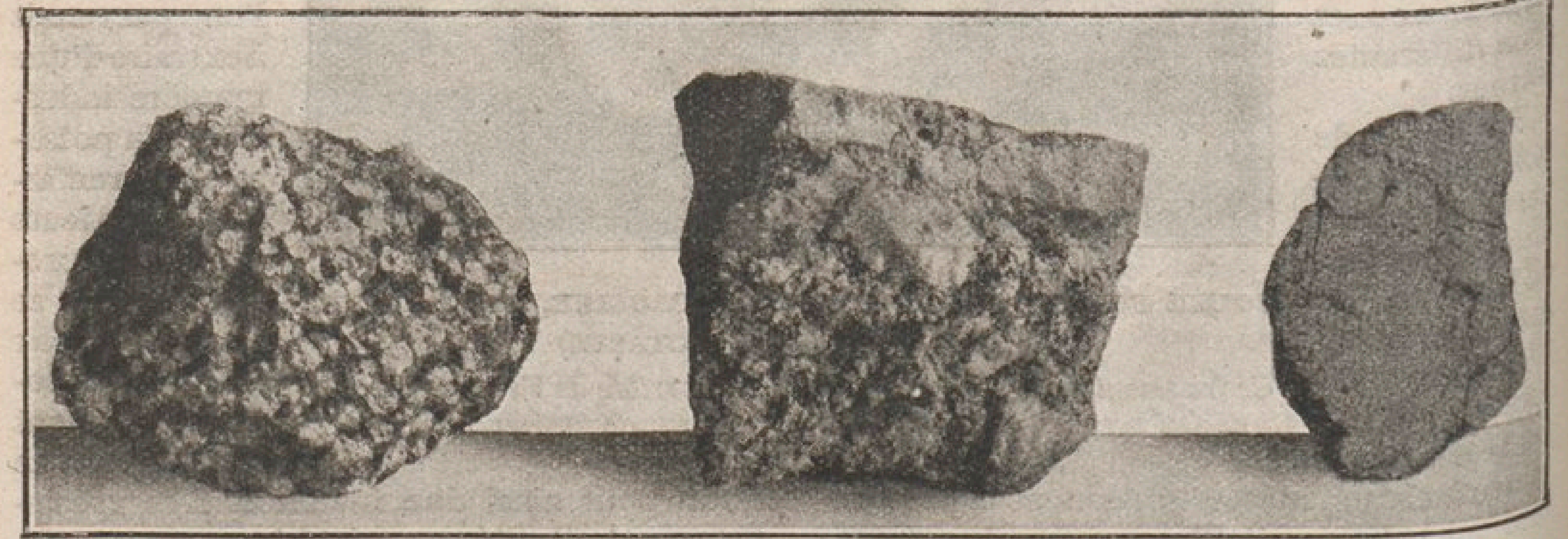
Basalte	4%
Andésite	6%
Micrggranulite	6%
Granite	7%
Rhyolite	8%
Trachyte	8 à 10 %
Syénite éléolithique (néphélinique)	20%

Ces roches, étant d'ailleurs minéralogiquement complexes, l'analyse chimique démontra bientôt que certains éléments sont potassifères, tandis que les autres sont complètement stériles. Un très petit nombre de ces espèces se signalent parmi les autres par leur grande richesse. Ce sont certains membres de la famille des feldspaths, comme l'oligoklase, qui contient 8,4 de potasse ; comme l'albite, qui en renferme 7,73, et surtout comme l'orthose, dont la teneur est de 16 à 20. L'amphigène, qui est bien voisin des feldspaths, donne 21 % de potasse.

En conséquence de ces observations, il est important de choisir parmi les roches potassifères les variétés qui sont le mieux fournies en minéraux riches en alcali, et l'on conçoit l'avidité avec laquelle les techniciens ont passé cette revue préliminaire.

Or, il se trouve que l'orthose, déjà si bien pourvu par lui-même, se présente dans certaines variétés de granite, ou de roches analogues, avec une telle prépondérance que les autres composants lui sont tout à fait subordonnés, quant à leur masse, et que, dans la pratique, l'ensemble a pris le nom de feldspath. Aussi les pays favorisés à cet égard sont-ils l'objet d'explorations des plus actives. Tel est le cas des Etats-Unis, de la Péninsule scandinave et du Canada.

En ce qui concerne la France, bien qu'elle soit moins bien partagée à ce point de vue, elle possède, surtout dans son Plateau Central, et avant tout dans le Limousin, de magnifiques accumulations d'orthose qui méritent d'appeler et de retenir l'attention.

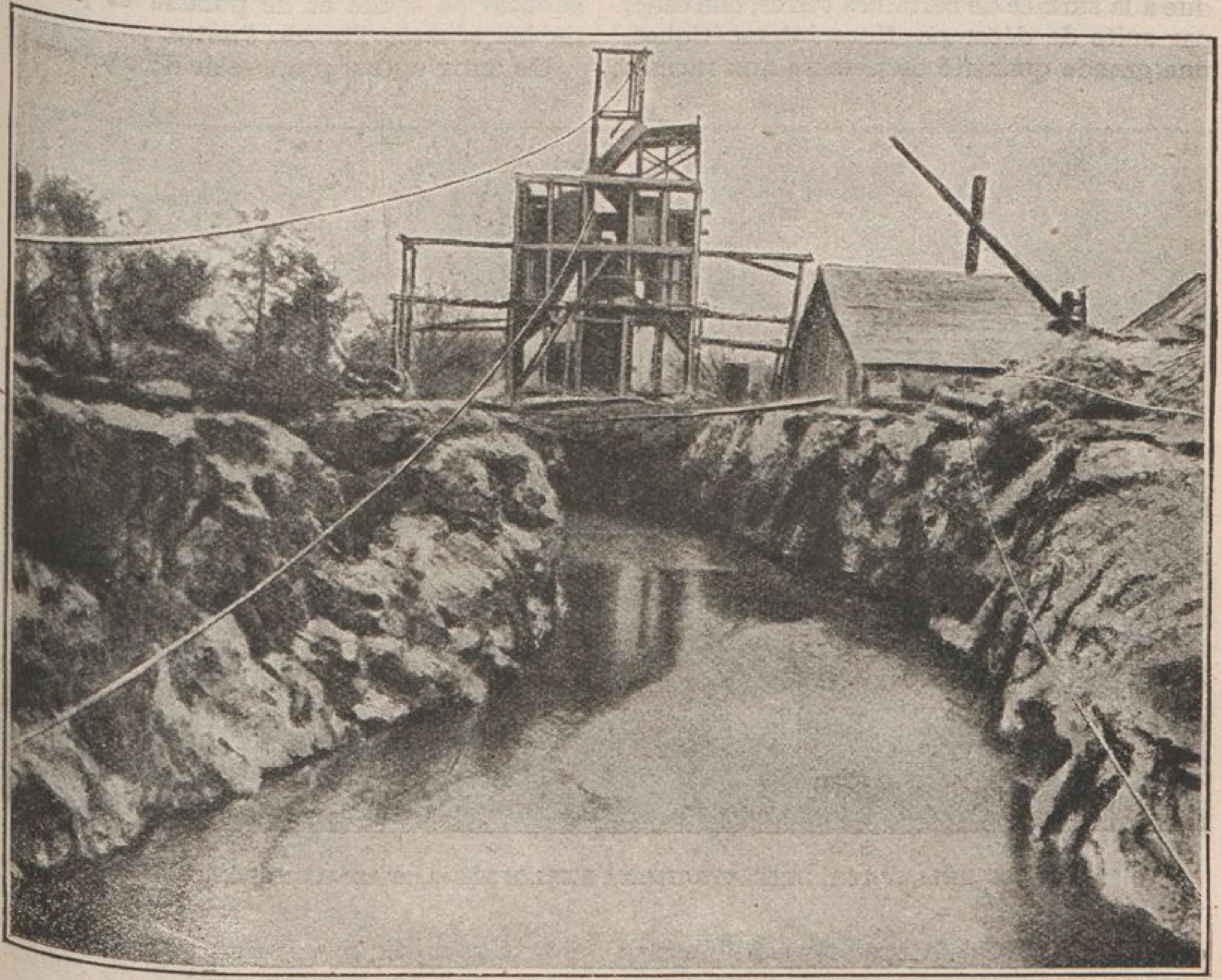


AUTRES SPÉCIMENS DE ROCHES RENFERMANT DE LA POTASSE

A gauche : leucitite (ou amphigénite) du Vésuve, exploitée avec un rendement très satisfaisant en raison de la potasse que contient l'amphigène; au centre : granit suédois à grands cristaux d'orthose; à droite : pegmatite graphique, dite granit égyptien, qu'on trouve surtout au Canada.

La quantité de potasse contenue dans les régions déjà connues comme productives, dépasse de beaucoup la quantité d'alcali que les diverses industries pourront jamais consommer. Malheureusement, l' « alcali végétal » y est engagé dans des associations chimiques, très difficiles à rompre par des manipulations d'application pratique.

Le feldspath orthose est, en effet, un minéral de la catégorie des silicates doubles d'alumine, laquelle est un sesquioxyde, et d'un protoxyde qui, pour l'orthose proprement dit, est la potasse. L'orthose n'est qu'un des membres de toute une famille de minéraux, qui sont également des silicates doubles, mais où la potasse est remplacée, suivant les cas, par la soude ou par la chaux et même par des mélanges divers de soude et de chaux : ce sont l'albite, l'oligoklase, le labrador et l'anorthite. Cependant, il se distingue par une particulartié qui a autant d'importance au point de vue minéralogique que la composition chimique elle-même. Les quatre espèces que nous venons de nommer sont cristallisées selon des formes que les spécialistes qualifient de klinoèdriques et dont ils font le sixième système cristallin. Au contraire, l'orthose cristallise dans le cinquième système, dit klinorhombique, et qui se distingue du précédent par la possession d'une face qualifiée de base et qui est losangique au lieu d'avoir la forme d'un quadrilatère dont les côtés, parallèles deux à deux, sont de longueur inégale d'une paire à l'autre. Il existe cependant un terme ambigu, qu'on appelle anorthose, et qui, tout en ayant la forme cristallographique des autres groupes, a la composition du feldspath proprement dit. Complémentairement, il existe, sous le nom de microcline, un feldspath triclinique dont les formes sont très voisines de celles de l'orthose et qui contient 12,11 % de potasse, de sorte qu'il a la composition de l'orthose, sauf qu'il renferme une dose sensible de soude.



CARRIÈRE DE FELDSPATH DE CARD, AUX ENVIRONS DE PORTLAND (CANADA)

Ces observations sont nécessaires, comme guides des prospecteurs à la recherche des gisements exploitables. Les travaux d'extraction de feldspath viennent ensuite et mettent en œuvre les moyens les plus énergiques de l'art du carrier. Beaucoup de roches feldspa-

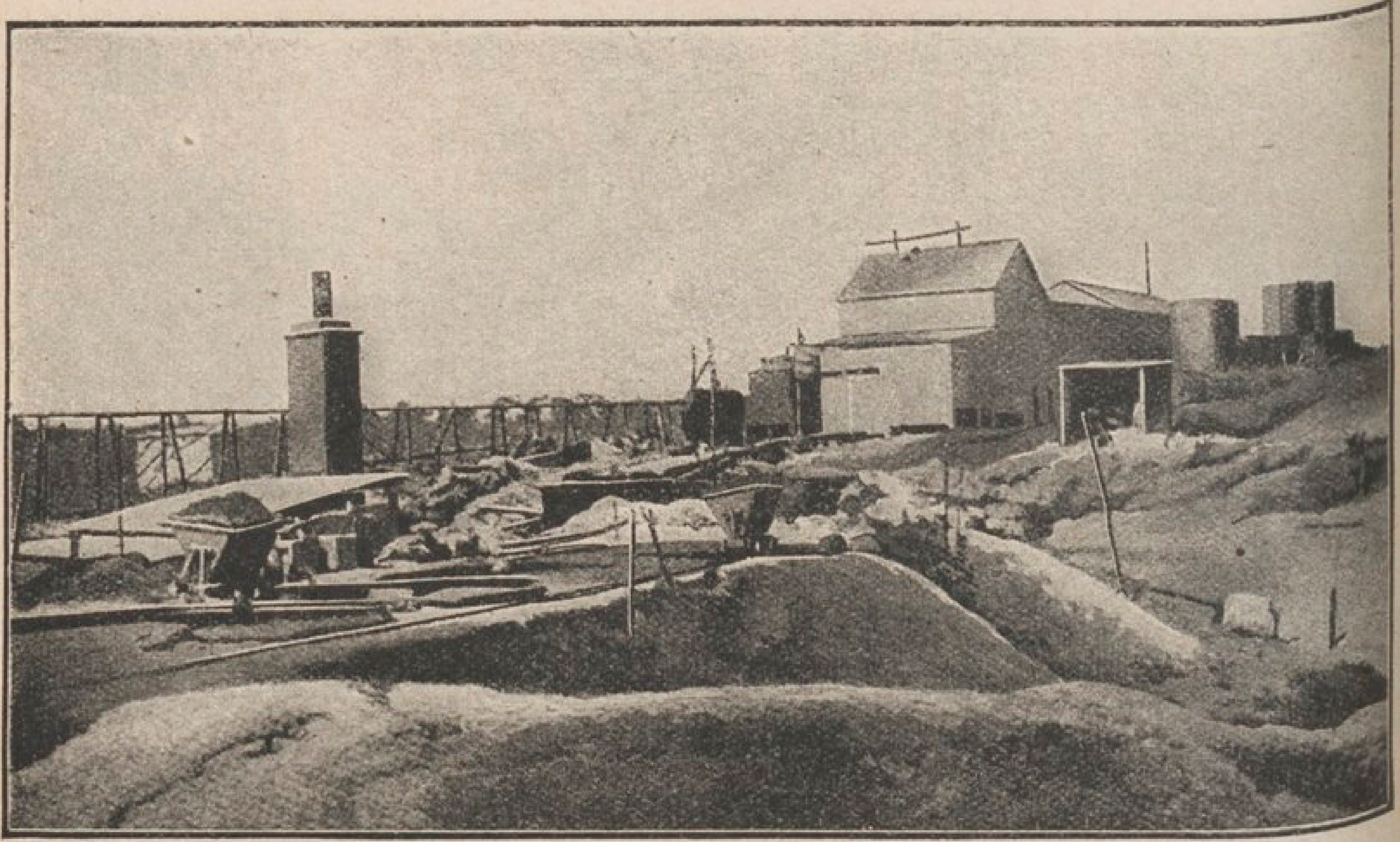
thiques, en même temps qu'elles sont dures, jouissent d'une grande ténacité : c'est à coups de mine qu'on réussit à en venir à bout.

Les matériaux si péniblement arrachés au sol, sont portés à des moulins qui les pulvérisent, et, parfois même, les porphyrisent, ce qui, dans certains cas, produit un résultat inattendu : la poudre impalpable peut être, en effet, sans autre préparation, employée immédiatement à l'agriculture, car, répandue à la surface de certaines terres, elle cède, par suite de décompositions intempériques, une grande quantité de potasse aux racines des végétaux. Peut-être aussi y a-t-il dans ce résultat une sorte de confirmation de la croyance, émise il y a bien des années, de l'efficacité d'actions purement mécaniques pour décomposer la molécule du feldspath. Dans tous les cas, la poussière se prête à l'exercice de réactions chimiques et, par exemple, à la fusion, après mélange de sulfate de baryte et de houille pulvérisée, qui amène la constitution de sulfate de potasse, de sulfate d'alumine et de sulfate de baryte : les deux derniers étant insolubles dans l'eau, pendant que le composé alcalin se dissout, au contraire, dans ce liquide, d'où l'évaporation suffit pour le retirer complètement.

Ce n'est là, d'ailleurs, qu'un des procédés qui ont été proposés pour l'attaque du feldspath et on sera peut-être surpris d'apprendre qu'entre 1854 et 1915, on ne compte pas moins de cinquante-sept brevets, accordés par les Etats-Unis, l'Angleterre et le Canada tout seuls, à des inventeurs de procédés, dont la liste constitue une merveilleuse collection d'idées plus ingénieuses les unes que les autres.

Par exemple, celui-ci : on fait fondre le feldspath pulvérisé avec un mélange de sulfate de soude et de chlorure de sodium ; le culot obtenu est pulvérisé le plus finement possible, puis lessivé à l'eau, qui isole les sulfates de soude et de potasse et permet de les séparer l'un de l'autre.

Un autre auteur propose de décomposer la poussière minérale très fine, suspendue dans l'eau, par un bouillon spécial de culture microbienne, ce qui est assez original.



MINE DE FELDSPATH DITE VIRGINIA, EXPLOITÉE A WADNAMINGA (CANADA)

Ici, on verse dans un baquet de l'eau tenant en suspension l'orthose pulvérisé, puis on place dans ce récipient un baquet plus étroit rempli d'eau pure, dans laquelle on plonge l'électrode positive d'une pile, pendant que l'électrode négative est plongée dans la bouillie feldspathique. Le passage du courant isole la potasse, la soude et les autres bases qui traversent la paroi séparative et se dissolvent dans l'eau d'où il est extrêmement facile de les extraire « en agitant fortement la bouillie, dit le texte du brevet, ou en y versant un peu d'acide chlorhydrique, qui réalise la récupération presque parfaite de la potasse du felsdpath. »

Ailleurs, un mélange de feldspath, de

fluorine et de chaux est calciné au rouge ; après solidification du produit de fusion, un lessivage très abondant à l'eau chaude donne 90 % de la potasse de l'orthose.

En portant à 900° un mélange de cent parties de feldspath avec quarante parties de chaux éteinte et quarante de sel marin, on obtient du chlorure de potassium qui absorbe de 80 à 90 % de l'alcali du feldspath.

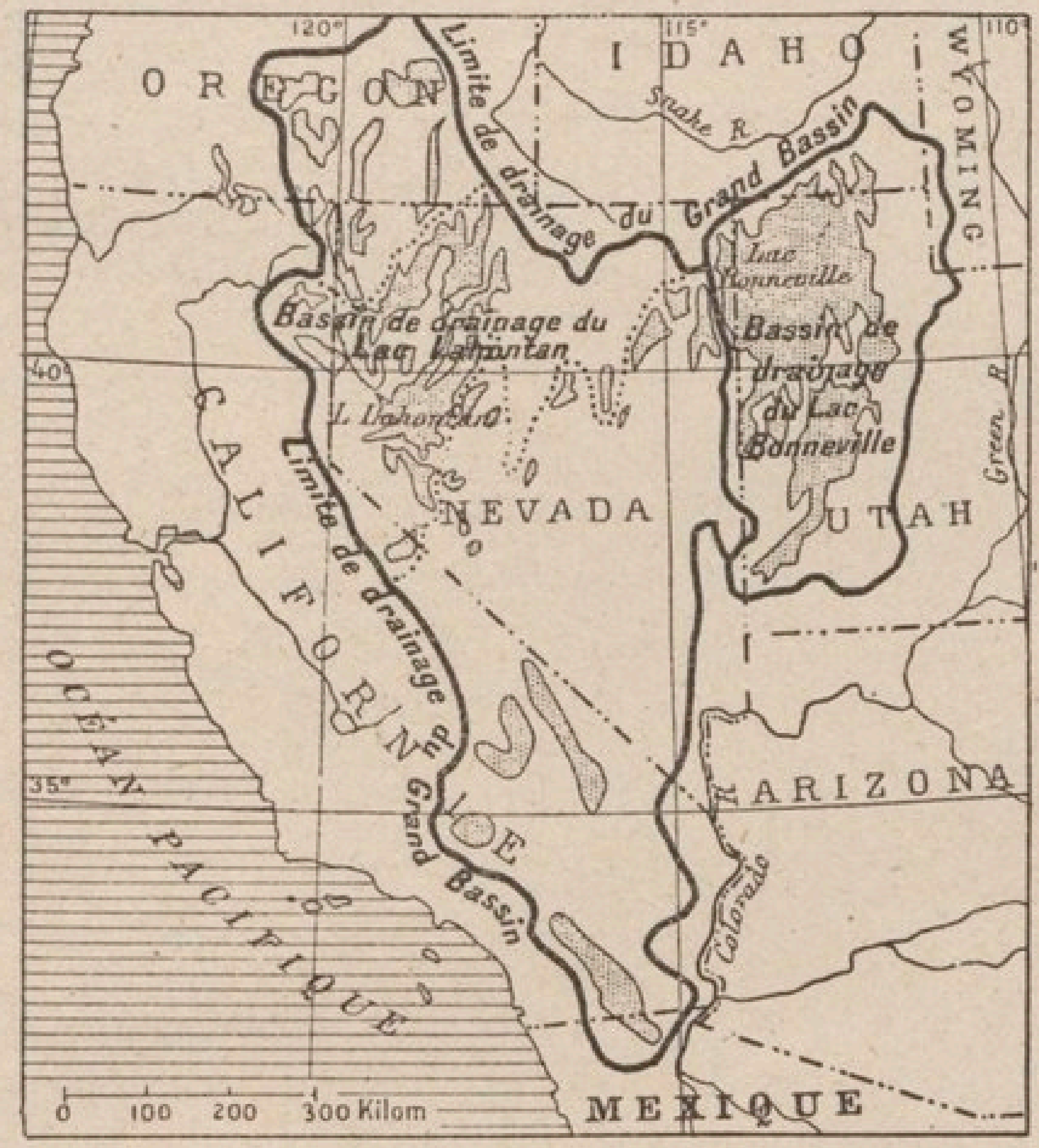
Par la fusion d'un mélange de feldspath, de gypse et de houille, il se fait du sulfate de potasse qui se transforme en sulfure, qu'on volatilise pour le recueillir facilement dans l'eau.

Deux expérimentateurs ont choisi, comme minerai, la variété d'orthose connue sous les noms d'eurite et de pétrosilex, qu'ils chauffent vers 1.800° dans le four électrique de Moissan, après en avoir mélangé la poussière à du charbon et à de la grenaille de fer. Le résultat est un siliciure de fer, qui s'accumule au fond du creuset, sous une scorie formée d'un silicate alumino-potassique, engrais qu'on a présenté aux cultivateurs sous le nom d'*électro-kali*. Celui-ci n'est pas plus riche en potasse que le feldspath lui-même et titre environ 11 % d'alcali ; mais, refroidi et broyé, il est incomparablement plus soluble et sa valeur culturale représente, au dire des spécialistes, les trois quarts de celle du sulfate de potasse pur.

A la suite du feldspath, il est juste de mentionner un minéral dont la composition est tout à fait tentante au point de vue de la potasse : c'est l'*amphigène* ou *leucite*, qui donne à l'analyse : silice, 55,7 ; alumine, 21,2, et potasse 21,2, et qui abonde dans certaines laves volcaniques. Son nom lui vient de sa blancheur de lait, qui tranche sur la nuance généralement sombre des roches dont il fait partie. Ses cristaux sont sphéroïdaux, et c'est ce qui le fait qualifier de *grenat du Vésuve*. A Albano, dans les environ de Naples, ils sont pourtant d'un rouge incarnat.

Tout récemment, M. H. Washington a signalé l'ensemble des laves leucitiques de l'Italie, comme source très abondante de potasse. Ces roches précieuses entrent dans la composition de six volcans italiens : le Vésuve et les cônes de Bolsena, de Vico, de Bracciano, d'Albano et de Rocca Monfina.

Ce géologue conclut de ses analyses que les laves vomies par ces points éruptifs renferment une grande quantité de potasse qui varie de 7,5 à 9 %, et qu'étant donné leur volume total, elles représentent une réserve de 8 à 9 milliards de tonnes de potasse. Déjà, Albano exploiterait plus de 20.000 tonnes par an de lave pour l'agriculture.



CARTE DES LACS QUATERNAIRES DU « GRAND BASSIN », ENTRE L'ORÉGON, LA CALIFORNIE, L'IDAHO ET L'ARIZONA

On trouve là, en abondance, des dépôts salifères de compositions diverses.

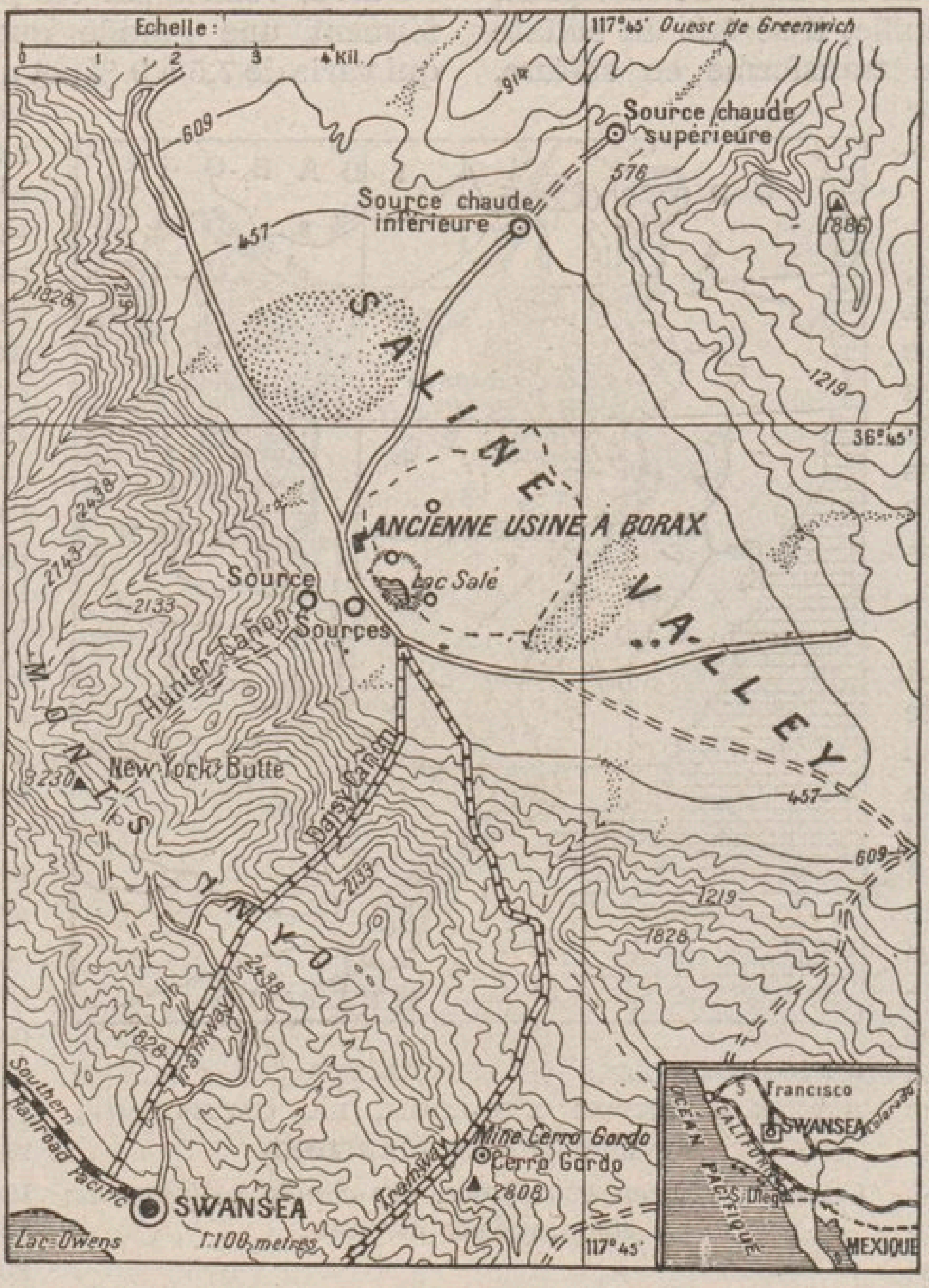
Déjà, MM. Whitman Cross et Schultz avaient signalé dans le Wyoming une localité qu'ils appellent Leucite-Hill, ou Pilot-Butte, de 1.950 pieds de hauteur, comme propre à une exploitation de potasse particulièrement fructueuse.

Parmi les pays qui se livrent à l'industrie de la potasse géologique, il est juste de citer le Canada, en toute première ligne. L'activité avec laquelle la solution du problème y est poursuivie s'explique, d'ailleurs, par la dépense considérable qu'entraînent les importations de la précieuse matière fertilisante. D'après le *Rapport annuel de la production minérale au Canada, durant l'année civile* 1916 *(In-8 Ottawa 1918)*, la valeur des importations de sels potassiques, en 1915, s'est élevée à plus de 200.000 dollars.

L'exploitation des gisements canadiens date à peu près de l'année 1890, où la production s'est chiffrée par 700 tonnes de feldspath ; mais elle ne s'est régularisée qu'en 1901. Depuis lors, la production s'est accrue de façon à atteindre, en 1914, 18.000 tonnes. Dans les premiers temps, la plus grande partie du feldspath provenait de la province de Québec, et surtout de gisements situés à

quelques milles d'Ottawa. Maintenant, c'est dans la province d'Ontario, à sept milles de la station de Bedford, qu'est la carrière la plus productive. En plusieurs localités, le feldspath, qui intervient si heureusement dans la fabrication de la porcelaine, est si pur, qu'on s'en sert avec avantage pour la confection des dents artificielles.

Parallèlement, les Etats-Unis ont aussi augmenté leur production. Avant la guerre, l'Allemagne avait, en quelque sorte, le monopole industriel de la potasse. A partir du blocus, les Etats-Unis durent chercher dans leur propre pays de nouvelles sources de potassium. Ils exploitent notamment les lacs salés des Etats de Californie et de Nebraska, les algues marines et jusqu'aux poussières des fumées d'usines de ciment, et, dans de pareilles conditions, on comprend qu'ils se soient jetés, comme les Canadiens, sur l'exploitation et le traitement des feldspaths qui ont pu compenser le déficit causé par l'exclusion de l'importation allemande.



CARTE DE LA « SALINE VALLEY » ET DE SES ENVIRONS, EN CALIFORNIE.

Même, ils en sont arrivés à faire une source spécialement productrice de potasse d'une roche qui, d'ailleurs, résulte d'une certaine décomposition du feldspath qui, sous l'influence d'émanations volcaniques, a remplacé sa silice initiale par de l'acide sulfurique. C'est l'*alunite* ou pierre d'alun, qui, depuis bien longtemps, est considérée comme un minerai d'alun, étant un hydrosulfate d'alumine et de potasse. C'est ainsi qu'un dépôt de cette matière renfermant 11,4 % de potasse, ayant été récemment découvert à Marysvale, dans l'Utah, a été exploité comme mine d'alcali. La roche est rose ou rougeâtre pâle, un peu translucide et de texture granulaire. On estime les dimensions du gîte à 3.500 pieds en profondeur et 35.000 pieds carrés en surface. D'après sa densité, qui est égale à 2,82, un mètre cube doit peser 175 pounds ; chaque acre supposé formé de cette roche représente 3.800 tonnes d'alunite, et l'on voit que chaque pied en profondeur correspond au sixième ou au septième de la consommation annuelle de potasse dans toute l'étendue des Etats-Unis.

Ajoutons que des gisements de potasse, connus, mais non complètement étudiés, dans l'Australie du Sud sont également subordonnés à des accumulations d'alunite. Par exemple, à Carrickalinga Head. Un spécimen du sel provenant du lac Heart a récemment été analysé par le *Geological Survey* et a accusé 0,39 % de potasse pure.

En ce qui concerne les minerais de cuivre, voici la teneur en potasse de quelques-uns : à Bingham (Utah) 9,62 %, à Santa Rita (Nouveau Mexique) 5,52, à Miami (Arizona) 6,58. Pour les minerais d'or, nous remarquons, à Criple Creek (Colorado) 13,36 %. Dans l'Idaho, on a obtenu, à l'analyse, des nombres variant de 14,95 à 15,12.

En résumé, le tableau des résultats, dès maintenant obtenus, est très encourageant quant à l'avenir. Ce n'est pas afficher un optimisme exagéré que de prédire que la crise de la potasse sera de moins en moins à redouter et que les applications de l'alcali se multiplieront rapidement.

STANISLAS MEUNIER.

NOUS POURRONS BIENTOT, SANS DOUTE, TÉLÉPHONER EN AUTO OU EN MARCHANT

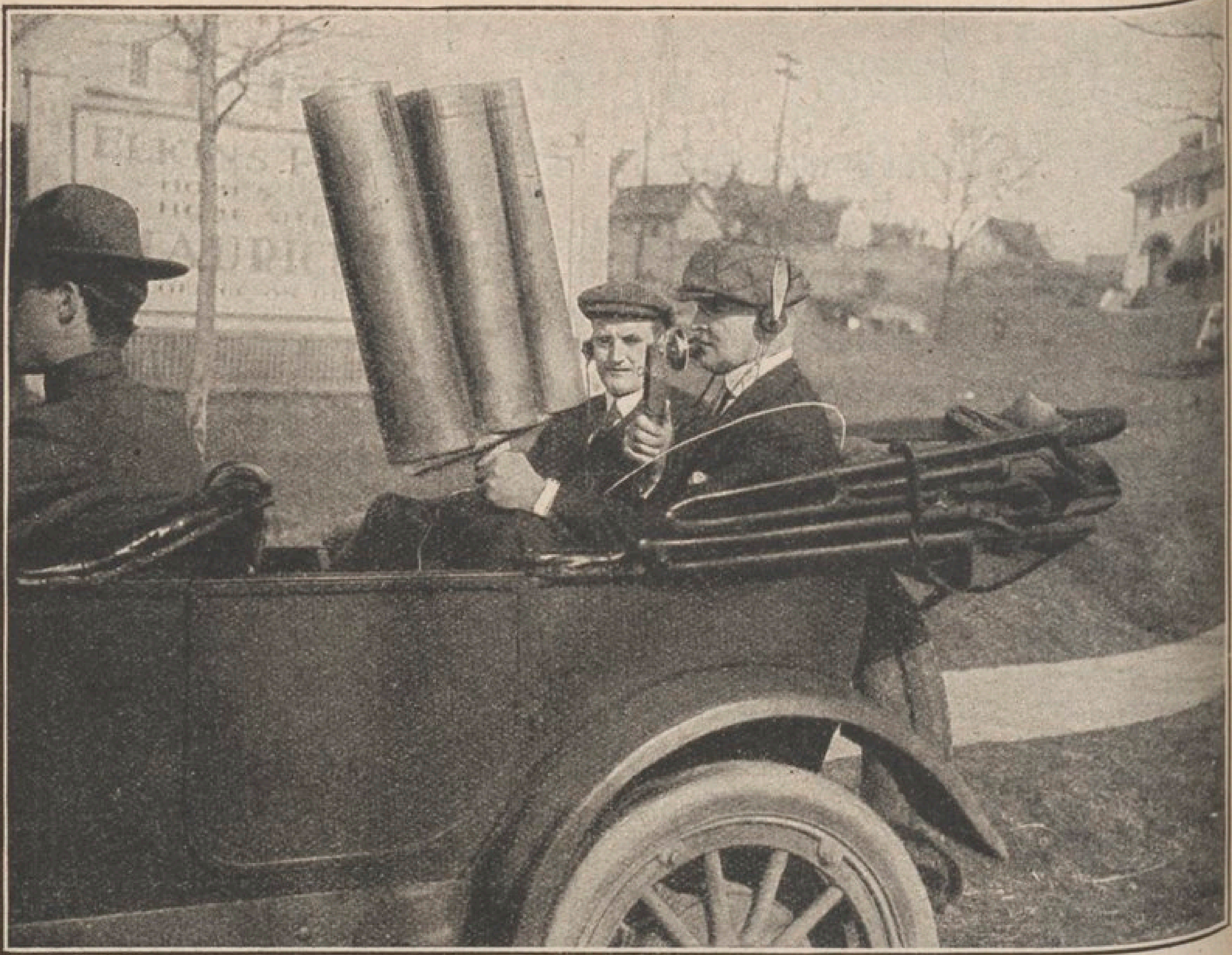
Aujourd'hui que, grâce à l'audion de M. de Forest, la téléphonie sans fil n'est pas plus compliquée — je devrais dire : est aussi simple — que la radiotélégraphie, les amateurs préfèrent de beaucoup construire ou acheter des installations qui leur permettent de correspondre entre eux par la parole plutôt que par signaux Morse. Du moins, voilà ce qui se passe aux Etats-Unis, car, en France, à l'heure où nous écrivons ces lignes, on ne trouve pas encore d'audions dans le commerce, l'autorité militaire ayant, paraît-il, l'intention de ne pas les laisser vendre avant un certain temps. D'ailleurs, la transmission comme la réception des communications sans fil restent, jusqu'à nouvel ordre, interdites au public.

Les amateurs sansfilistes américains, eux, ont beau jeu, car non seulement ils peuvent se procurer autant d'audions qu'ils veulent, mais surtout ils ont la liberté de s'en servir. Les petits postes de téléphonie sans fil sont donc en train de se multiplier à l'infini aux Etats-Unis (ce qui, au demeurant, ne tardera pas à produire des effets cocasses). C'est un de ces postes d'amateur que représentent nos deux gravures, un poste qui a, en outre, l'avantage d'être portatif, bien qu'il soit un peu encombrant. Il a été combiné très habilement par un habitant de Philadelphie, M. Mac Farlane.

Ce poste se compose d'une boîte, d'un téléphone, d'un casque d'écoute et d'une antenne. La boîte, qui peut se porter en bandoulière, renferme une pile et un audion, c'est-à-dire, sans en avoir l'air, un générateur de courants à haute fréquence, un détecteur et un amplificateur, car, ainsi que l'a montré l'étude très complète qui en a été donnée dans cette revue (nº 41, octobre-novembre 1918, page 411) c'est

CONVERSATION RADIOTÉLÉPHONIQUE FAITE EN MARCHANT

M. Mac Farlane, de Philadelphie, a combiné un poste rodiotéléphonique portatif qui, constitué surtout par un audion à la fois transmetteur, récepteur et amplificateur, se loge dans une seule boîte. L'antenne, portative, est faite de trois cylindres de cuivre.



ALLO? — NOUS ARRIVONS EN AUTO ET SERONS CHEZ VOUS DANS UN QUART D'HEURE

Si ce n'est pas ce que prononce devant son radiophone le monsieur que nous voyons assis au premier plan, c'est tout au moins ce qu'il pourrait dire, car la portée du poste portatif combiné par M. Mac Farlane excède, pendant le jour, vingt kilomètres.

tout cela qu'est à la fois l'audion ; quant à la pile, elle sert à alimenter le circuit téléphonique qui relie l'appareil devant lequel on parle avec l'audion contenu dans la boîte.

Modulés par les variations d'intensité du courant téléphonique, variations qui reproduisent elles-mêmes toutes les inflexions de la parole, les courants à haute fréquence générés par l'audion sont directement radiés par l'antenne,sans qu'intervienne la classique étincelle et sans qu'il soit besoin d'effectuer au préalable des réglages compliqués. Captées par la même antenne, les paroles transmises par un autre poste utilisent cette fois l'audion comme détecteur et amplificateur pour moduler à leur tour le courant qui traverse les électro-aimants des microphones récepteurs du casque d'écoute.

L'antenne est formée d'un système de trois cylindres creux, d'égales dimensions, en cuivre mince, qui, étant monté sur une planchette que l'opérateur soutient au moyen d'une poignée, peut être orienté dans tous les sens. Cette curieuse antenne est donc à la fois *directive* et *dirigée ;* comme telle, elle permet, dans de certaines limites, de radier les ondes dans une orientation donnée, comme aussi de les mieux recueillir dans le gisement du poste dont elles émanent.

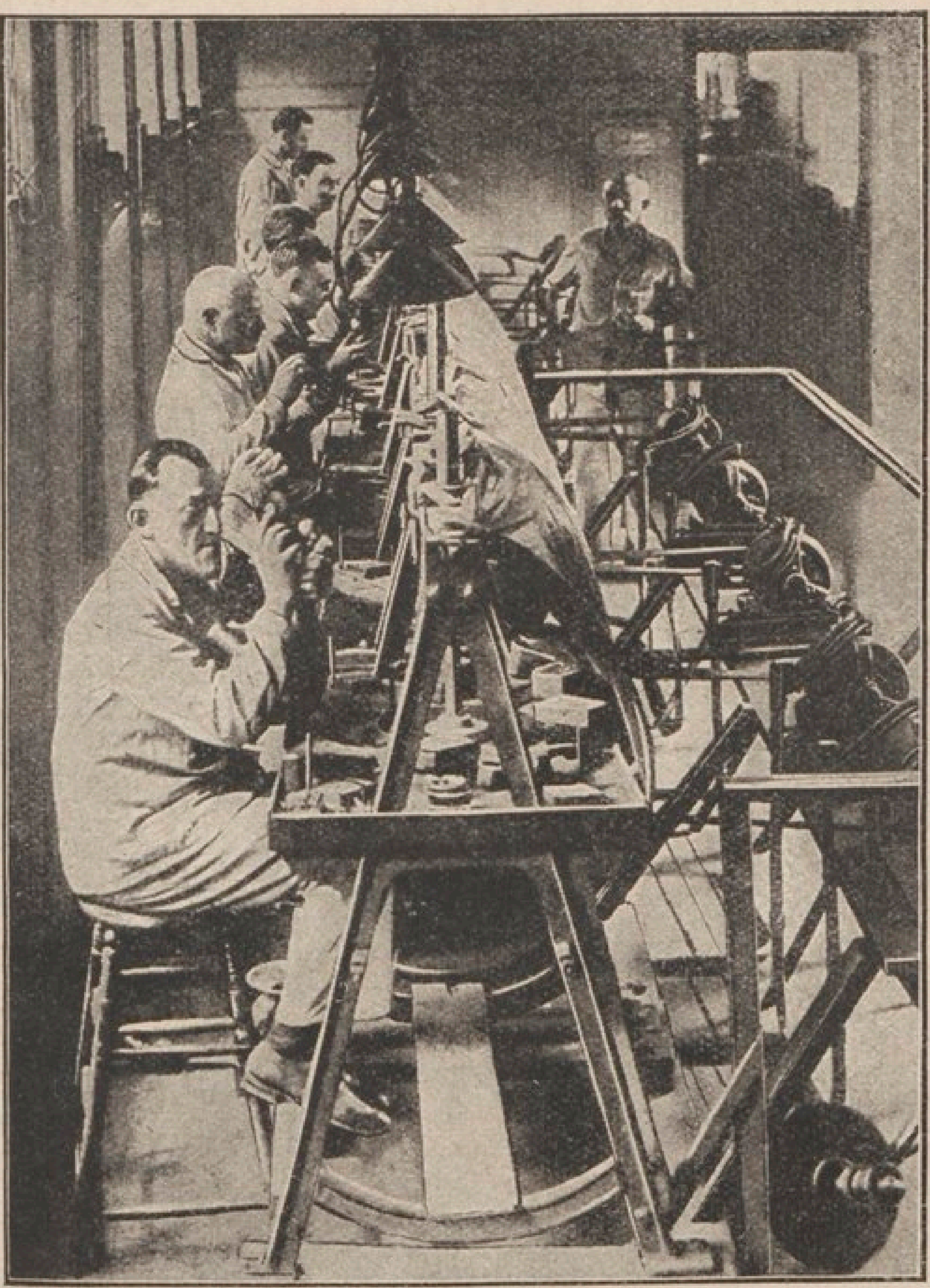
Bien qu'il ne soit pas très commode ni très seyant de se promener avec trois tuyaux de poêle en guise de canne ou de parapluie, une sorte de boîte à outils en bandoulière, la tête serrée par un casque d'écoute et un téléphone à la main, il n'est pas douteux que beaucoup voudront imiter M. MacFarlane, ne serait-ce que pour avoir l'air de passer pour des hommes ultra-modernes. Voici encore une occasion de dire que si la téléphonie sans fil avait été inventée avant la téléphonie avec fil, cette dernière eût apparu aux yeux des savants et des techniciens du monde entier comme constituant un immense progrès sur l'autre, bien que, dans le cas qui nous occupe, elle ne serait évidemment d'aucune utilité.

R. B.

LA TAILLE MÉCANIQUE DES DIAMANTS ET DES PIERRES PRÉCIEUSES

Par Eugène de GRANDCHAMP

LA SCIENCE ET LA VIE a décrit dans son numéro de Juin 1914 les méthodes employées jusqu'ici pour tailler et pour polir les pierres précieuses à la main. Etant donné la difficulté de cette opération, qui donne lieu à des rebuts et à des accidents très onéreux, on a cherché à réaliser des machines automatiques permettant d'éviter tout aléa dans la taille. On s'est également efforcé d'utiliser toutes les pierres, alors qu'autrefois on mettait simplement au rebut des diamants que leur clivage défectueux empêchait de tailler.



UN ATELIER DE POLISSAGE DE DIAMANTS

Toutes les précautions sont prises pour éviter la dispersion de la précieuse poussière provenant de l'opération et qui est utilisée dans le travail sous le nom d'égrisé.

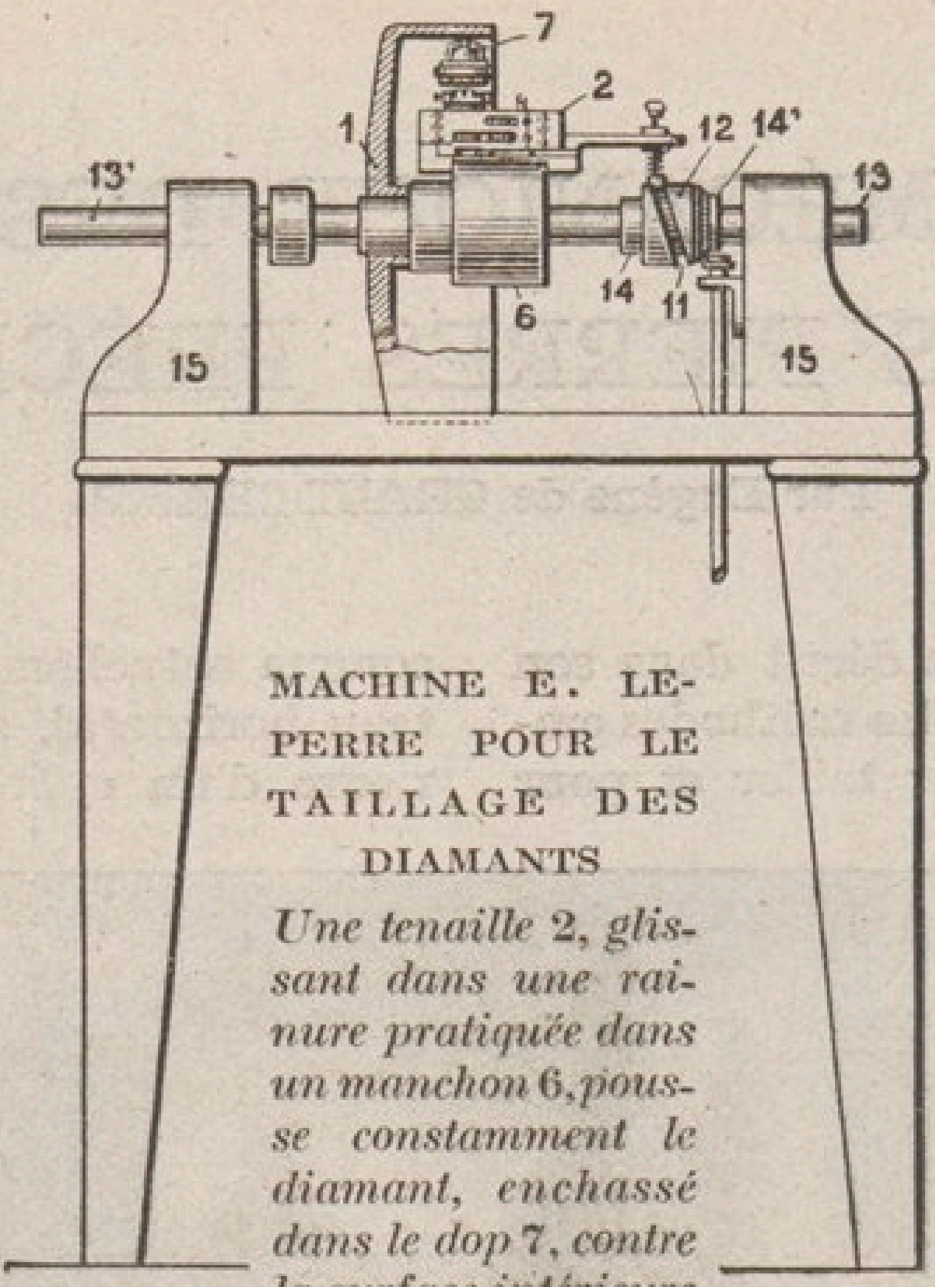
C'est ainsi qu'une nouvelle machine automatique à tailler et à polir le diamant, brevetée en 1914 par M. E. Leperre, a pour but de permettre la mise en œuvre des pierres réputées inutilisables jusqu'à ce jour, avec le maximum de symétrie et tout en réduisant le prix de revient de l'opération.

Dans cette machine, la taille du diamant, au lieu de se faire suivant une surface perpendiculaire à l'axe de la meule, c'est-à-dire, comme actuellement, sur un disque ou plateau horizontal, se fait sur la surface intérieure d'un cylindre parallèlement à l'axe du mouvement. On utilise ainsi la force centrifuge considérée comme nuisible jusqu'à maintenant. En effet, la poudre de diamant nécessaire à la taille, au lieu d'être rejetée du plateau, adhère fortement à la paroi interne du cylindre, ce qui permet de tailler les diamants dans n'importe quel sens et beaucoup plus vite que par la méthode ordinaire, si l'on tient compte du sens général de la taille que l'on appelle *was*.

Un autre avantage très important consiste dans le fait que la surface de taille est parallèle à la meule. On réduit ainsi au minimum le déplacement de cette surface, vu que les plateaux employés ordinairement peuvent descendre légèrement pendant l'opération, l'axe étant perpendiculaire à la surface de travail. Si on veut tailler automatiquement par la méthode ordinaire, en repérant les facettes, la machine ne peut être réglée

que pour un temps très limité, car le plateau étant maintenu entre deux points, la grande vitesse de la meule produit une usure très rapide des deux coussinets de support.

Quand on taille sur plateau, chaque facette d'un diamant doit être travaillée dans un sens déterminé, c'est-à-dire que l'on doit placer la facette de telle manière que le plateau frotte le diamant suivant une direction donnée, perpendiculaire au sens de clivage. Si l'on place la pierre dans un autre sens, non seulement elle ne se taille pas, mais elle entame le plateau lui-même et y trace des rainures. Quand un plateau est ainsi entièrement rainuré, on est obligé de le faire roder et l'on perd toute la poudre de diamant dont il est imprégné, d'où une grande perte.



MACHINE E. LEPERRE POUR LE TAILLAGE DES DIAMANTS

Une tenaille 2, glissant dans une rainure pratiquée dans un manchon 6, pousse constamment le diamant, enchassé dans le dop 7, contre la surface intérieure de la meule cylindrique 1. La tenaille 2 reçoit un mouvement de va-et-vient de la rainure hélicoïdale 11 taillée dans le manchon 12, maintenu en place par les bagues d'arrêt 14 et 14' et calé sur l'arbre tournant 13, 13', lui-même soutenu par une paire de paliers 15, 15.

D'après la méthode employée jusqu'ici, il faut que le diamantaire soit très expérimenté pour trouver exactement le sens dans lequel la pierre devra être taillée *(was)*. De plus, on perd un très grand nombre de diamants, dénommés *naths*, composés de cristaux enchevêtrés et que les meilleurs ouvriers ne peuvent généralement réussir à mettre en valeur.

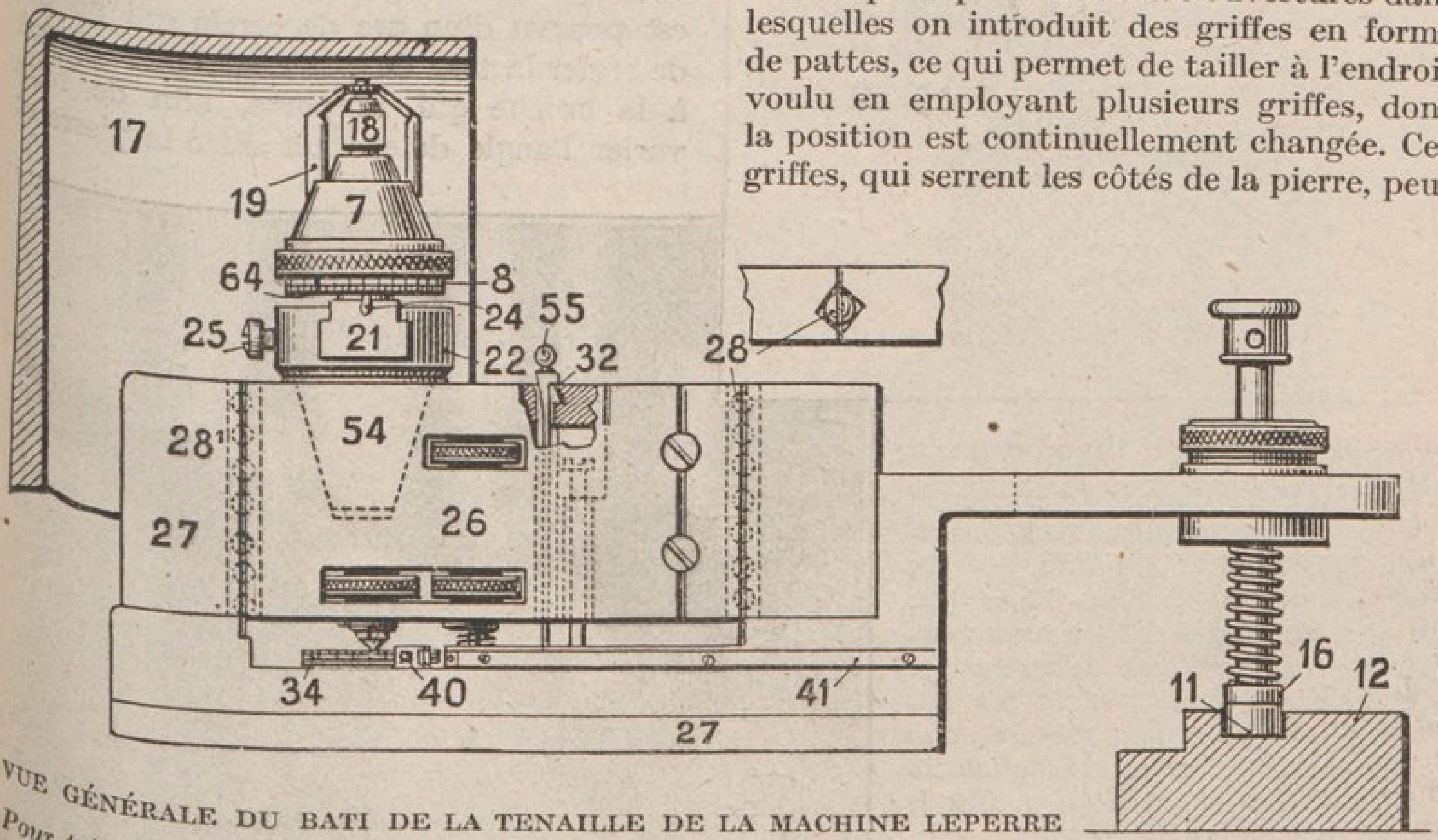
Avec cette nouvelle machine, il est inutile de connaître au préalable la structure du diamant puisque le sens de la taille se détermine automatiquement. On peut également ainsi tailler et polir dans n'importe quel sens une pierre quelconque, sans avoir à roder le cylindre ni à renouveler la poudre de diamant qui adhère fortement aux parois.

La machine comporte

ANCIENNE MÉTHODE DE TAILLAGE DES DIAMANTS UNIQUEMENT A LA MAIN

essentiellement une meule creuse tournant à deux mille tours par minute et dont la surface cylindrique intérieure est enduite de poudre de diamant. Pendant le travail, la pierre, maintenue par une tenaille, est constamment poussée contre la meule creuse 17.

Le diamant s'écarte automatiquement de la meule chaque fois qu'une facette est achevée, ce qui a lieu au moyen d'un courant électrique lancé dans un électro-aimant à l'aide d'un contact donné par un curseur réglé. Le noyau de l'électro-aimant étant



Vue générale du bati de la tenaille de la machine Leperre

Pour tailler un diamant, on le maintient, au moyen de griffes 19, *dans le godet* 18 *du dop* 7, *dont la bague divisée* 8 *est fixable par la vis* 64. *On amène à* 0 *le secteur* 21, *calable par la vis* 25, *et dont la graduation* 23 *indique l'inclinaison du dop. On met ce dernier en place en introduisant le cône* 54 *dans l'ouverture conique du bâti* 26 *de la tenaille, bâti mobile par rapport à la plaque fixe* 27 *et qu'un cliquet* 55 *maintient en pénétrant dans un cran de la crémaillère* 32. *La butée réglable* 28 *atteint à certains moments une vis du disque* 34, *tandis qu'un curseur* 40 *peut venir buter sur le contact* 41. *On peut retirer le galet* 16 *de la rainure* 11 *du manchon tournant* 12, *afin d'enlever le dop* 7 *de la meule* 17 *de la machine.*

placé environ deux millimètres plus bas que le dessus d'un galet fixe et voyageant avec le bâti, fait descendre de cette même distance le bâti portant le *dop* dans lequel la pierre en travail est solidement fixée.

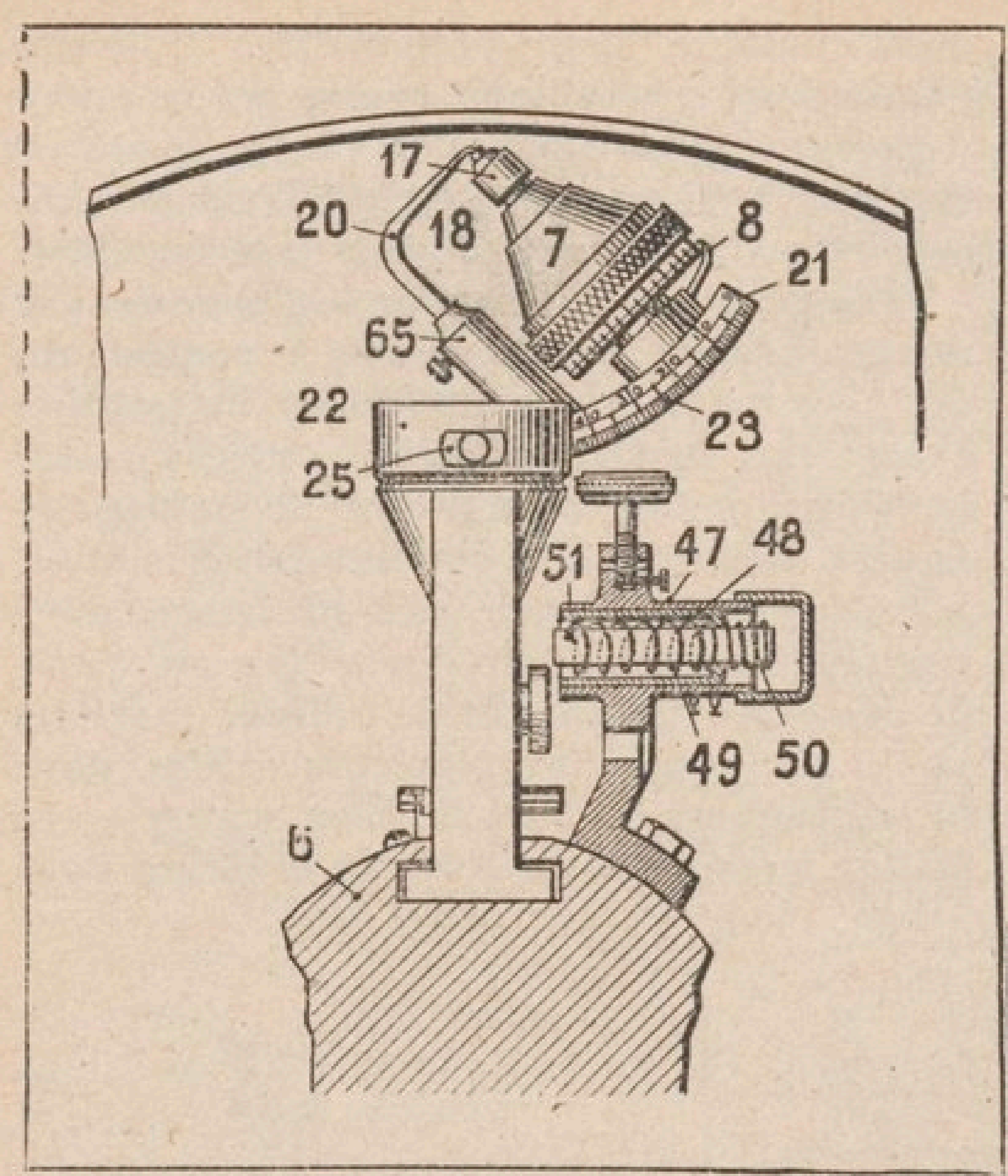
Un curseur, maintenu entre deux ressorts dont les pressions peuvent être réglées au moyen de vis, indique automatiquement quand le diamant est placé dans le meilleur sens de taille. Le curseur fait corps avec le ressort le plus faible, mais il est maintenu par une butée commandée par le ressort le plus fort et qui est réglée suivant la hauteur de la facette à tailler. Ainsi, par suite de la taille de la pierre, la pression du ressort le plus fort diminue, ce qui permet au curseur de se dérouler, de sorte que ce mouvement indique immédiatement à l'ouvrier diamantaire si la taille est commencée ou non.

Le curseur est pourvu de graduations permettant de suivre exactement l'état d'avancement de la taille et d'éviter tout accident.

Chaque facette à former est repérée par une graduation pratiquée sur le contour du *dop*, ces graduations indiquant la position exacte des facettes, demi-facettes, facettes à étoiles, coins, c'est-à-dire de toutes les figures exécutées à la surface d'un diamant.

Le *dop* est pourvu de huit ouvertures dans lesquelles on introduit des griffes en forme de pattes, ce qui permet de tailler à l'endroit voulu en employant plusieurs griffes, dont la position est continuellement changée. Ces griffes, qui serrent les côtés de la pierre, peuvent être remplacées, pour la taille des facettes, par une griffe pressant sur la table du diamant, que l'on peut ainsi achever complètement, en ne le sertissant que deux fois, ce qui économise beaucoup de temps.

Le *dop*, qui est maintenu dans son bâti à l'aide d'une pièce tronconique s'ajustant dans une ouverture correspondante, peut opérer une révolution complète, ce qui permet de tourner un diamant dans tous les sens. Un secteur glissant dans une rainure pratiquée dans une pièce cintrée, permet de placer l'axe du *dop* sous différents angles tout en maintenant le diamant dans le centre du rayon du secteur. Enfin, le *dop* exécute continuellement dans le cylindre un mouvement de va-et-vient commandé par un



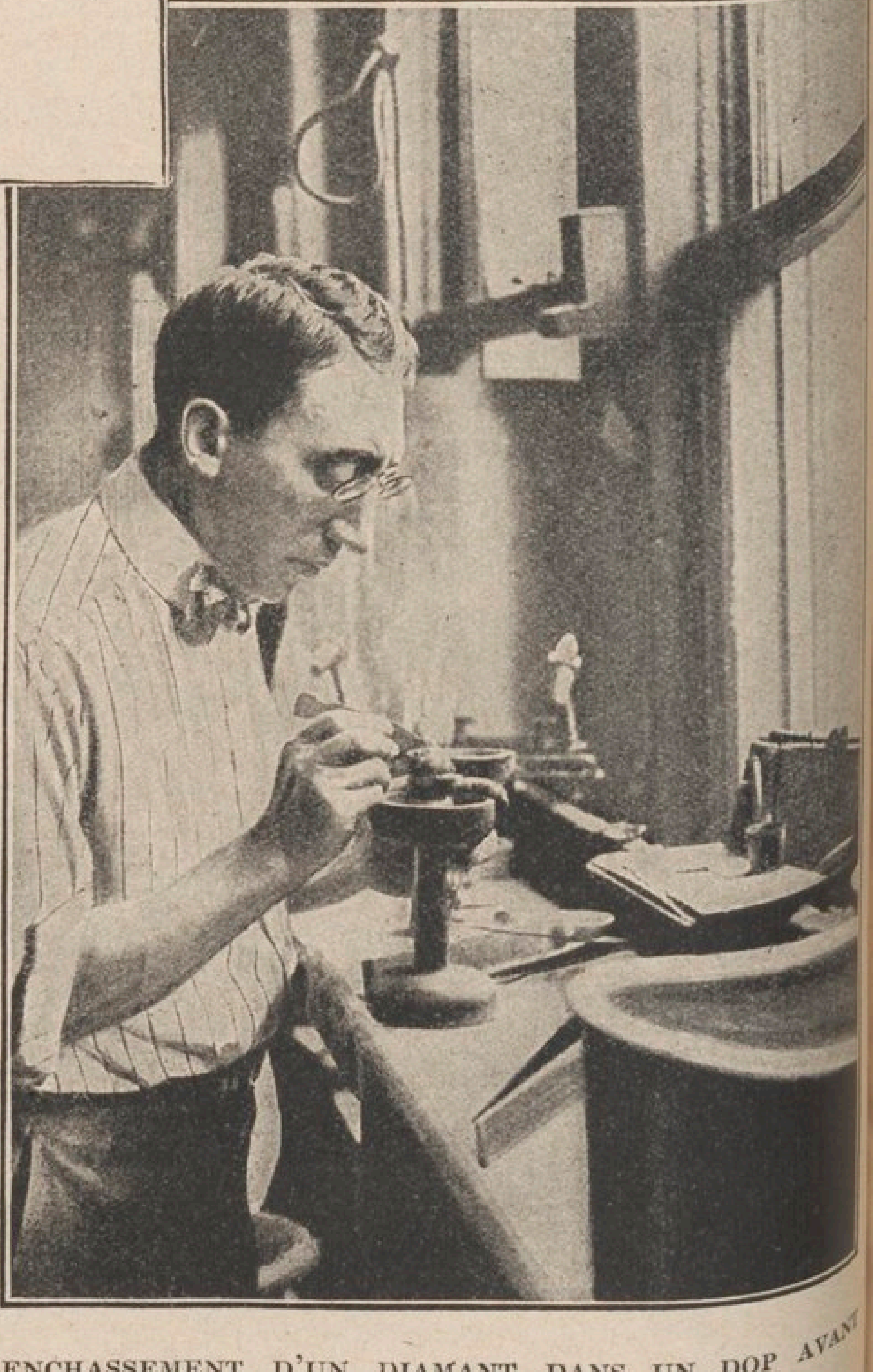
MODE DE FIXATION DU DOP DANS LA MACHINE SYSTÈME E. LEPERRE

Le dop 7 porte le diamant 17 maintenu dans le godet 18 par la griffe 20, fixée au moyen de la vis 65; ce dop, ainsi que sa bague 18, peuvent tourner sur leur axe dans le secteur 21. Ce dernier, calable par la vis 25, peut glisser dans une rainure de la pièce cintrée 22 et sa graduation 23 indique l'inclinaison du dop. Sur le manchon 6 est monté, devant le galet 46, un électro-aimant 47 dont un ressort d'acier à boudin 50 sollicite constamment hors du solénoïde 49 le noyau 48 qui a son extrémité 51 en cuivre.

galet de guidage efficace pris dans un chemin à came entaillé dans une surface cylindrique.

La société américaine Stern-Coleman Diamond Machine Company a fait également breveter en 1915 une machine servant à polir ou à tailler les gemmes et les pierres précieuses. L'éclat d'une gemme polie ou taillée dépend, en majeure partie, des dimensions de la pierre et de la disposition symétrique de ses facettes autour de son centre géométrique. En raison de la précision requise dans la disposition de chaque facette, les gemmes sont généralement polies ou taillées, à la main, par des ouvriers très habiles, procédé extrêmement laborieux et coûteux. De plus, il arrive que les ouvriers, même les plus soigneux, abîment d'une façon irréparable une pierre précieuse, par exemple, en taillant trop une facette et en modifiant maladroitement les dimensions bien proportionnées de la pierre.

La pierre peut être présentée à la roue de polissage par ses différentes facettes sans affecter la disposition symétrique des facettes polies par rapport au centre de la pierre, que l'on éloigne ou rapproche à volonté de la roue. A cet effet, l'appareil est pourvu d'un arc de cercle qui permet de régler la tête de polissage, par rapport à la broche qui la porte, afin de faire varier l'angle de contact entre la pierre et



ENCHASSEMENT D'UN DIAMANT DANS UN DOP AVANT POLISSAGE (ANCIEN PROCÉDÉ A LA MAIN)

Cette opération, indispensable pour le polissage et la taille à la main, est également nécessaire quand on travaille mécaniquement. Le diamant est alors fixé, dans un godet plein de mastic, bout d'un bâtonnet. Mais cette opération n'a lieu que deux fois

la roue, le centre de l'arc coïncidant exactement avec le centre géométrique de la pierre.

De plus, la machine fait tourner continuellement la pierre pendant que la facette en cours de polissage est en contact avec la roue, de telle sorte que la direction du clivage, ou « grain » de la pierre, est présentée avantageusement à la roue pendant la rotation. L'ouvrier n'est donc plus obligé de déterminer exactement la direction du clivage. La

La mise en route automatique du mouvement de va-et-vient de la gemme, radialement par rapport à la roue, est provoquée automatiquement et la profondeur de la taille ou du polissage peut être réglée préalablement, afin de produire une facette de la dimension voulue. Un mécanisme particulier sert à augmenter la pression de la gemme sur la roue au fur et à mesure que la surface en contact avec ladite roue augmente afin de com-

TAILLEUR DE DIAMANTS AU TRAVAIL DANS UN ATELIER DE NEW-YORK

L'ouvrier maintient sur la meule le dop sur lequel est fixé le diamant. Il faut une grande habitude pour arriver ainsi à un bon résultat. C'est pourquoi des inventeurs se sont efforcés de trouver des machines permettant d'effectuer automatiquement la taille et le polissage des diverses pierres précieuses.

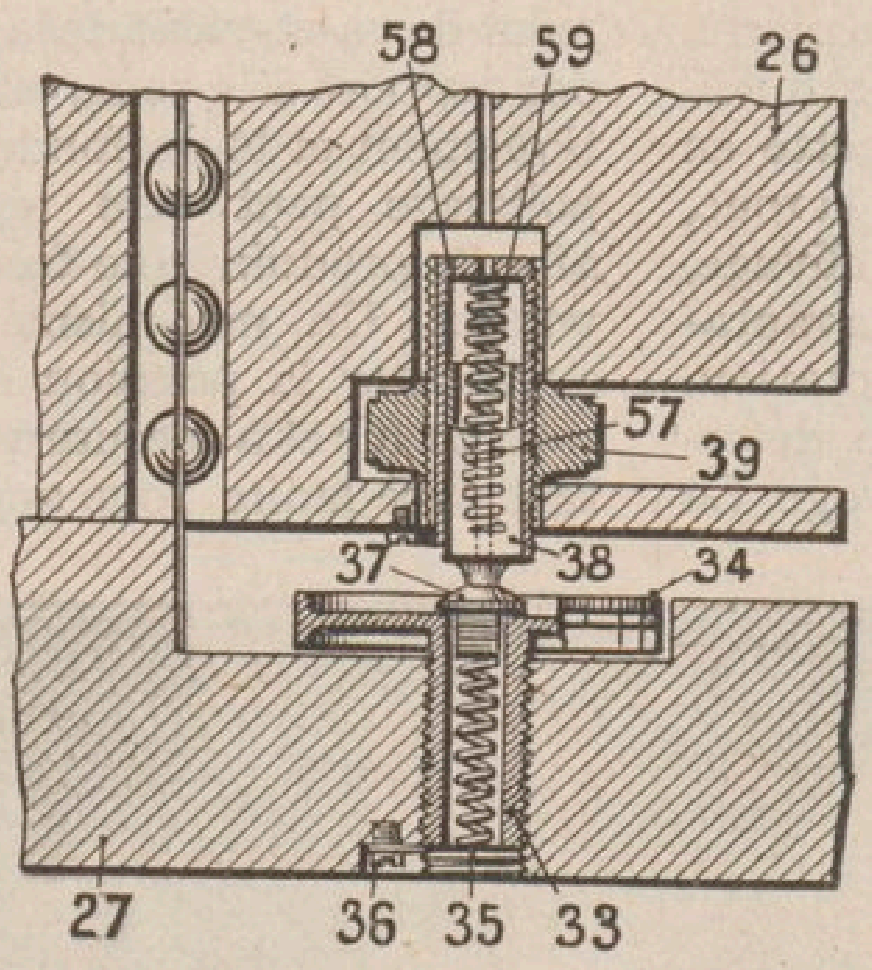
pierre peut aller et venir radialement sur la roue, pendant la taille ou le polissage, de façon à faire disparaître les stries ou les rainures de la facette sur laquelle on opère, défauts qui peuvent être produits par une inégalité de la surface de polissage de la roue. L'opération est arrêtée automatiquement dès que la facette en travail est taillée à la profondeur requise. De plus, on peut régler automatiquement la profondeur à laquelle chaque facette sera automatiquement polie, ce qui évite tous les accidents.

penser l'augmentation de frottement due à l'accroissement de la dimension de la facette.

La Société Stern-Coleman a également fait breveter des perfectionnements aux modes de montage ainsi qu'aux appareils employés pour la taille ou le polissage des pierres précieuses. Dans les machines munies de ces dispositifs, la position que la pierre doit occuper le long de l'axe du tailloir ajustable est indiquée par un indicateur de mise en position. Une aiguille, contrôlée par un mécanisme, se meut sur une échelle indicatrice

et marque zéro quand elle occupe le centre d'un guide circulaire.

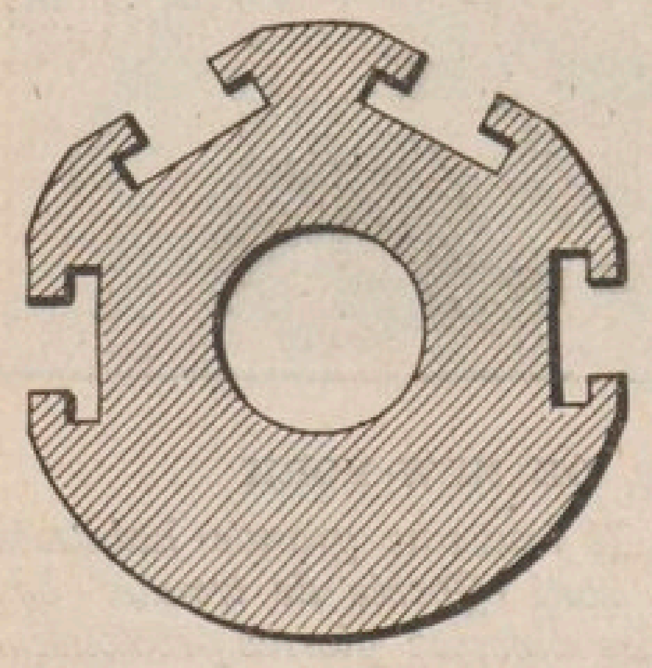
La broche porte-tailloir et son mécanisme peuvent osciller autour d'un axe sensiblement parallèle à la face polisseuse de la roue à polir ; on peut donc les amener dans leur position de travail ou les en écarter, ce qui permet de les examiner et de les régler sans déranger aucunement les autres réglages.



DÉTAIL DU RÉGULATEUR D'UNE TAILLEUSE MÉCANIQUE

Pour tailler un diamant, on règle la butée 38 *de telle manière qu'après avoir fait descendre le disque* 34 *d'un pas de la vis* 33 *(1 mm.), ce disque ne puisse être ramené que d'un demi-tour par le ressort* 35 *dont la torsion n'est pas assez forte pour vaincre la pression du ressort* 59. *Ce dernier pousse la butée* 38 *jusqu'à ce qu'elle soit arrêtée par la goupille* 57, *encastrée dans le manchon* 58. *Pendant la taille, le bâti* 26 *s'écarte insensiblement de la pièce fixe* 27 ; *le disque* 34, *entraîné par le ressort* 35, *tourne, et le curseur* 40 *se rapproche du contact* 41. *(Voir la figure de la page précédente.)*

La broche est maintenue dans la position voulue par un mécanisme de blocage automatique. La pierre en travail, avançant mécaniquement de l'une des bandes de polissage à une autre, est soulevée au fur et à mesure de son mouvement. Un indicateur recevant un mouvement amplifié par rapport à celui de la pierre et actionné par l'intermédiaire d'un train d'engrenages sert à indiquer le progrès du polissage. Cet indicateur marque zéro quand un mécanisme de déclenchement entre en jeu pour retirer la pierre terminée de la roue à polir.



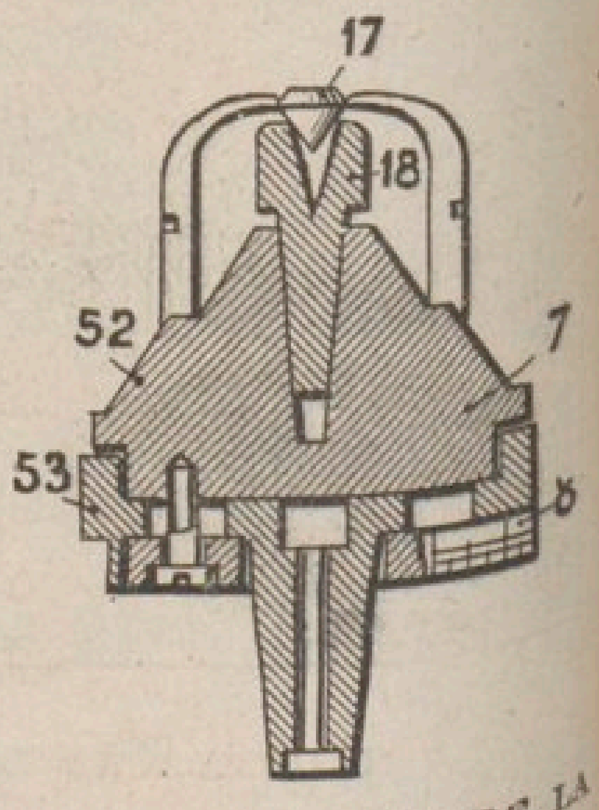
COUPE DU MANCHON SUPPORTANT LA TENAILLE DANS LA NOUVELLE MACHINE DE M. E. LEPERRE

Un mécanisme de relèvement de la pierre, disposé dans une boîte, est relié à la broche porte-pierre, au mouvement de laquelle il prend part et coopère avec l'appareil de déclenchement. Le fonctionnement de ce dernier est provoqué de façon absolument automatique par un arrêt fixe, qui joue quand la broche atteint un point déterminé de sa descente.

La broche s'arrête toujours au moment voulu, car l'arrêt empêche la continuation du mouvement d'entraînement. La remise en position du mécanisme de retrait de la pierre est effectuée par le fonctionnement de la broche porte-pierre ou du mécanisme d'entraînement de la pierre précieuse.

La broche porte-pierre comporte trois parties ajustées ensemble et dont l'une porte la pierre à polir, tandis que la troisième est reliée à un mécanisme de déclenchement qui contrôle le retrait de la pierre par rapport à la surface de la meule de polissage dès que cela devient nécessaire.

La pierre est pressée contre la roue à polir avec une énergie croissante, à mesure que le polissage progresse. Ce mécanisme peut être fixé dans des positions différentes, de manière à exercer une pression variable suivant la grosseur de la pierre traitée ou suivant chaque phase de l'opération, le réglage pouvant avoir lieu facilement au cours du polissage.

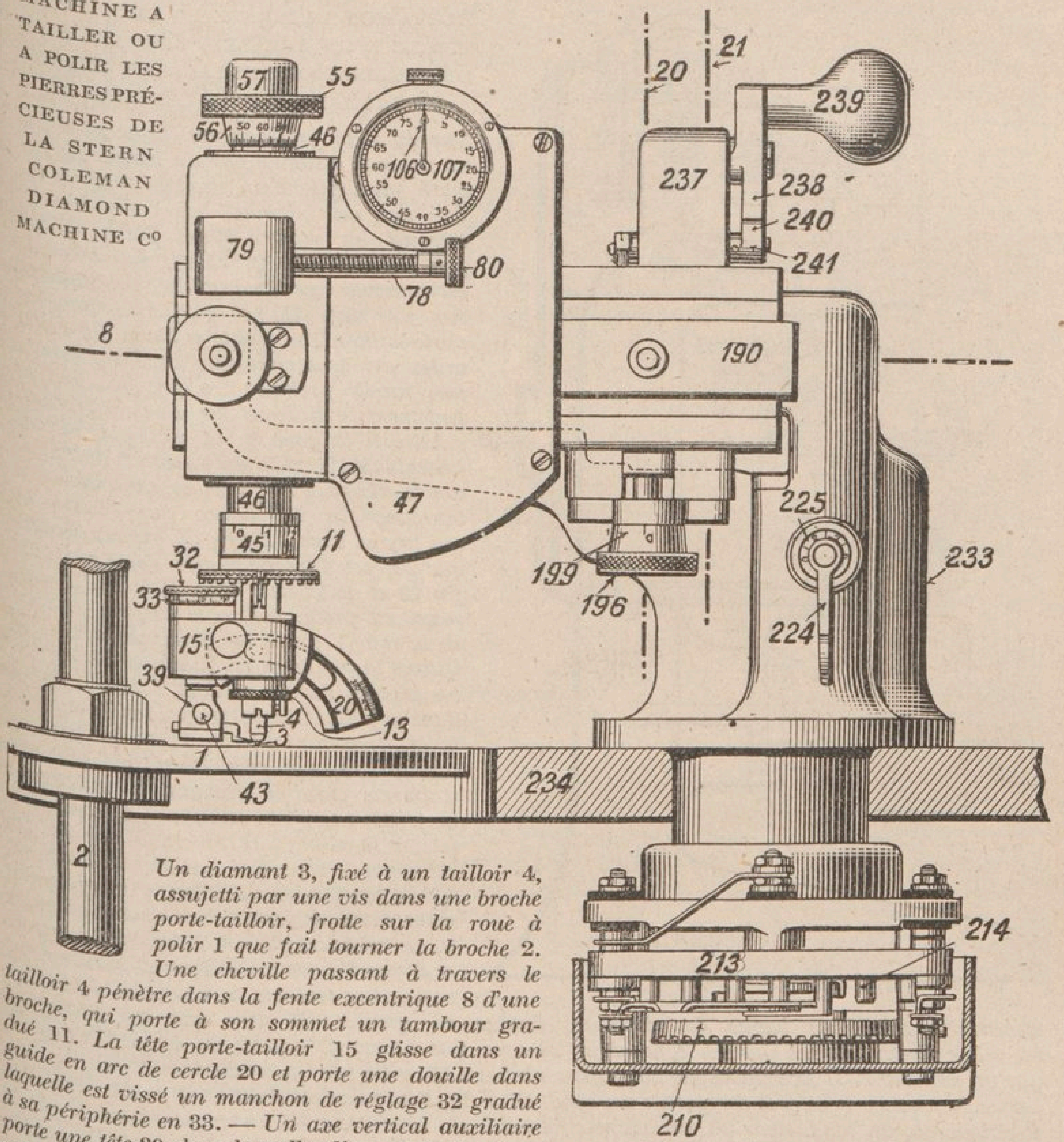


COUPE D'UN DOP DE LA MACHINE A TAILLER AUTOMATIQUE DE M. E. LEPERRE

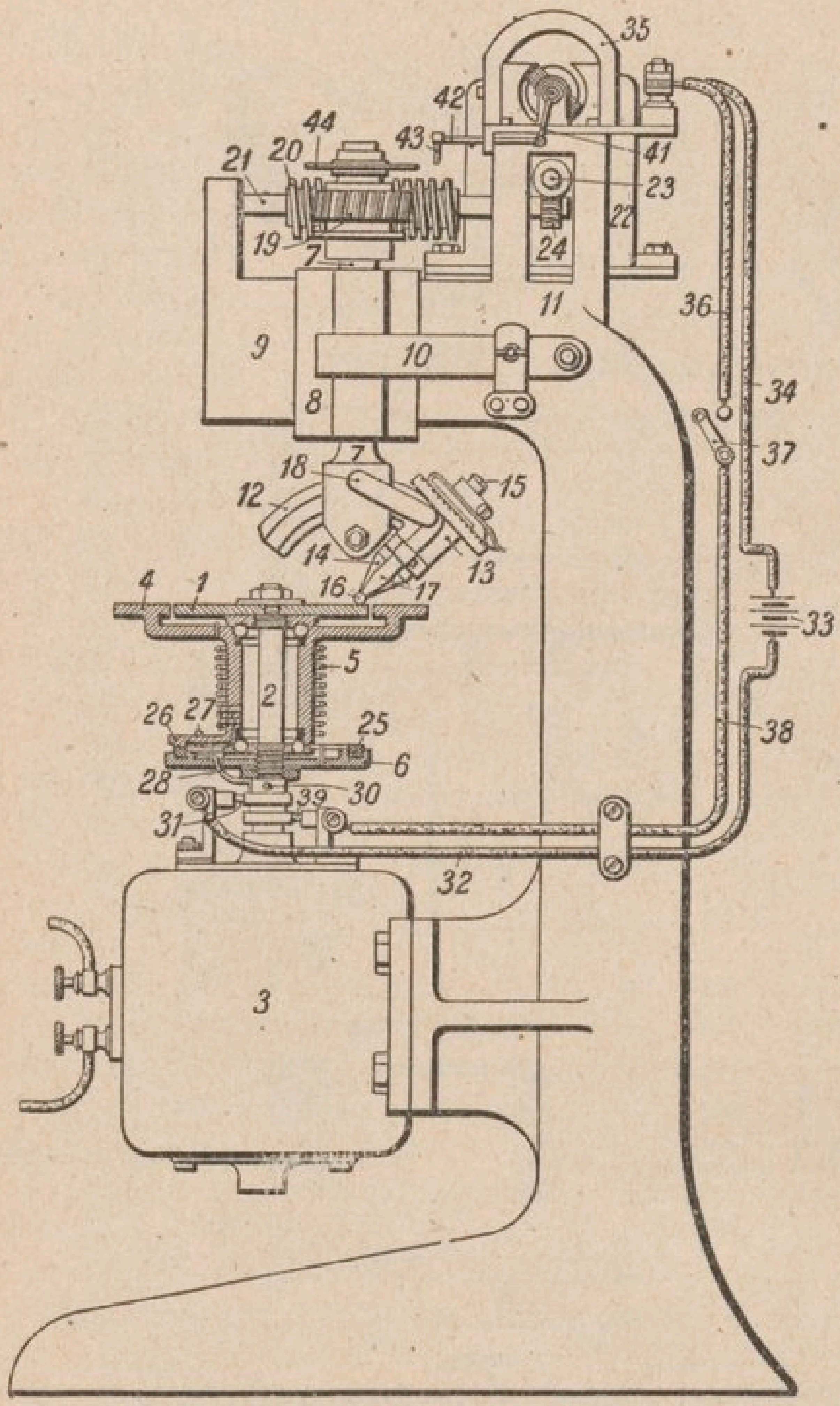
Le diamant 17, *placé dans le godet* 18, *est maintenu par des griffes en forme de pattes. La bague de repérage graduée* 8 *tourne ou est fixée sur le dop* 7 *dont la partie* 52 *peut être déplacée excentriquement par rapport à la pièce creuse inférieure* 53.

L'effort variable exercé par le mécanisme d'entraînement sur la broche porte-pierre, et tendant à la faire descendre rapidement, est combattu par un organe antagoniste oscillant. Ce dernier est relié à l'appareil d'entraînement par l'intermédiaire d'un embrayage à rochet qui rend l'organe oscillant inactif pendant le mouvement rétro-

MACHINE A TAILLER OU A POLIR LES PIERRES PRÉCIEUSES DE LA STERN COLEMAN DIAMOND MACHINE C°



Un diamant 3, fixé à un tailloir 4, assujetti par une vis dans une broche porte-tailloir, frotte sur la roue à polir 1 que fait tourner la broche 2. Une cheville passant à travers le tailloir 4 pénètre dans la fente excentrique 8 d'une broche, qui porte à son sommet un tambour gradué 11. La tête porte-tailloir 15 glisse dans un guide en arc de cercle 20 et porte une douille dans laquelle est vissé un manchon de réglage 32 gradué à sa périphérie en 33. — Un axe vertical auxiliaire porte une tête 39 dans laquelle glisse un index de mise en position que l'on peut déplacer transversalement au moyen d'un pignon engrenant avec une crémaillère et que l'on fait tourner au moyen d'un bouton 43. Le guide circulaire 20 est porté par l'extrémité inférieure d'une broche creuse 45 encerclée par un manchon 46, passant verticalement à travers le bâti 47. Sur le manchon 46 est vissé un manchon de réglage avec collier 57 et tambour 55 gradué en 56. — A mesure que le meulage progresse, le bras 78 passe de la position verticale vers celle qu'il occupe dans la figure ci-dessus, et le poids 79, dont on fixe la position en tournant la tête 80, appuie la pierre contre la roue à polir avec une force croissante. A mesure que la pierre se rapproche de la roue, l'amplitude de chaque mouvement est exactement mesurée à un centième de millimètre près par l'aiguille 106, sur le cadran 107. — Le manchon 196, pourvu d'un tambour gradué 199, sert à limiter les mouvements de va-et-vient de la barre 190. La roue d'angle 210 est actionnée par un pignon mis en mouvement par un moteur électrique. On fait varier la vitesse du moteur électrique au moyen d'un rhéostat 213 comportant des plots 214. A mesure que l'on déplace une manette 224 avec graduation 225, on oblige un bras de contact à se déplacer sur les plots 214 et à faire varier ainsi la résistance intercalée dans le circuit du moteur. Le bâti 233 est assujetti à l'établi 234. Sur une saillie verticale 237 pivote un levier 238 pourvu d'une poignée 239 et susceptible de s'engager avec un court levier 240 calé sur un arbre oscillant 241 tourillonnant dans la saillie 237. Cet ingénieux ensemble mécanique remplace l'ouvrier le plus expérimenté sans que l'on ait à craindre un accident de taille pouvant détériorer une pierre.



ÉLÉVATION LATÉRALE ET COUPE PARTIELLE D'UN APPAREIL SERVANT A LA DÉTERMINATION DES FACES DE CLIVAGE DU DIAMANT (STERN COLEMAN C°)

Sur la roue préliminaire 1, montée sur un arbre 2, actionné par un moteur électrique 3, on applique un diamant dégrossi 16, fixé sur un bâtonnet par du mastic refroidi au moyen d'un fluide amené par les conduite 17 et 18. Le bâtonnet est tenu par une tête de tailloir 14, ajustable sur une tige 15, et supportée par un porte-tailloir 13, monté à l'une des extrémités du bras circulaire 12. Pour former une facette préliminaire, on fait tourner lentement le diamant sur un axe perpendiculaire à la roue 1. A cet effet, la roue hélicoïdale 19, calée sur l'arbre 7, fait tourner le diamant 16; elle engrène avec une vis sans fin 20, portée par l'arbre 21 qui tourne sous l'action du moteur électrique 22, par l'intermédiaire d'une vis sans fin 23 et de la roue hélicoïdale 24. Le diamant est pressé contre la surface abrasive de la roue 1 grâce au poids de la tête 14. Quand la facette préliminaire a été formée, on déplace l'arbre vertical 7 de la tête 14 dans le palier 8, le long du bras de support 9, en desserrant l'écrou 11 de la barre de serrage 10. On crée ainsi une pression uniforme entre le diamant et un organe de friction sensible annulaire 4, concentrique à la roue 1 et constitué par du fer recouvert de poussière de diamant. L'organe 4 peut tourner sous l'action d'un accouplement élastique formé d'un ressort à boudin 5, qui est ancré par une extrémité à l'organe 4 et par l'autre au plateau d'entraînement en matière isolante 6. Un balai de contact 26 coopère avec une bague de résistance fendue en graphite 25 dont une des extrémités est reliée électriquement par un conducteur 28 avec une bague de contact 29, isolée de l'arbre 2 par un manchon 30. Avec la bague 29 coopère un balai 31, relié par un conducteur 32 à la pile 33 à partir de laquelle le circuit comporte : un conducteur 34, l'enroulement d'un instrument de mesure électrique 35, un conducteur 36, un coupe-circuit 37, un conducteur 38, un balai 39 et une bague de contact 40, mise à la masse, portée par l'arbre 2 auquel elle est reliée électriquement. La bobine d'armature de l'appareil de mesure 35 est reliée mécaniquement, au moyen d'une manivelle 41 et d'une bielle 42, avec un marqueur 43 qui coopère avec un cadran 44, pouvant tourner avec l'arbre 7 qui le supporte. Quand on déplace la tête porte-diamant 14, le cadran 44 arrive en position de coopération avec le marqueur 43. La tête porte-diamant fait alors tourner lentement le diamant en contact avec la surface de friction annulaire de l'organe de friction 4 animée d'un mouvement de rotation rapide. Le couple moteur nécessaire pour faire tourner la surface de friction 4 est mesuré par le ressort de torsion 5. Au fur et à mesure que ce couple varie, en raison des positions angulaires différentes du diamant par rapport à la direction de sa face de clivage, le balai 26, en se déplaçant sur la bague de résistance 25, fait varier la résistance intercalée dans le circuit avec l'instrument de mesure 35; le marqueur 43 produit alors un enregistrement sur le cadran 44. Puisque ce cadran 44 tourne à l'unisson avec le diamant, l'enregistrement qu'il indique donne directement la direction de la face de clivage du diamant et on peut l'utiliser comme guide pour placer la pierre sur la roue à polir. Quand on a déterminé le clivage pour une facette particulière quelconque, on peut enlever de la machine toute la tête porte-diamant y compris le palier 8, et la transférer sur une machine à tailler; le diamant se trouve ainsi placé sur cette dernière dans une position correcte avec sa face de clivage bien placée par rapport au mouvement de polissage de la roue à polir pour obtenir une facette complète. On répète cette opération pour chaque facette, et l'on peut ainsi tailler complètement une pierre sans avoir nécessairement recours à un ouvrier spécialiste diamantaire.

grade du mécanisme d'entraînement. L'amplitude du déplacement de va-et-vient de la pierre sur la roue à polir est rendue variable par un ingénieux dispositif spécial automatique qui entre en action au cours du polissage.

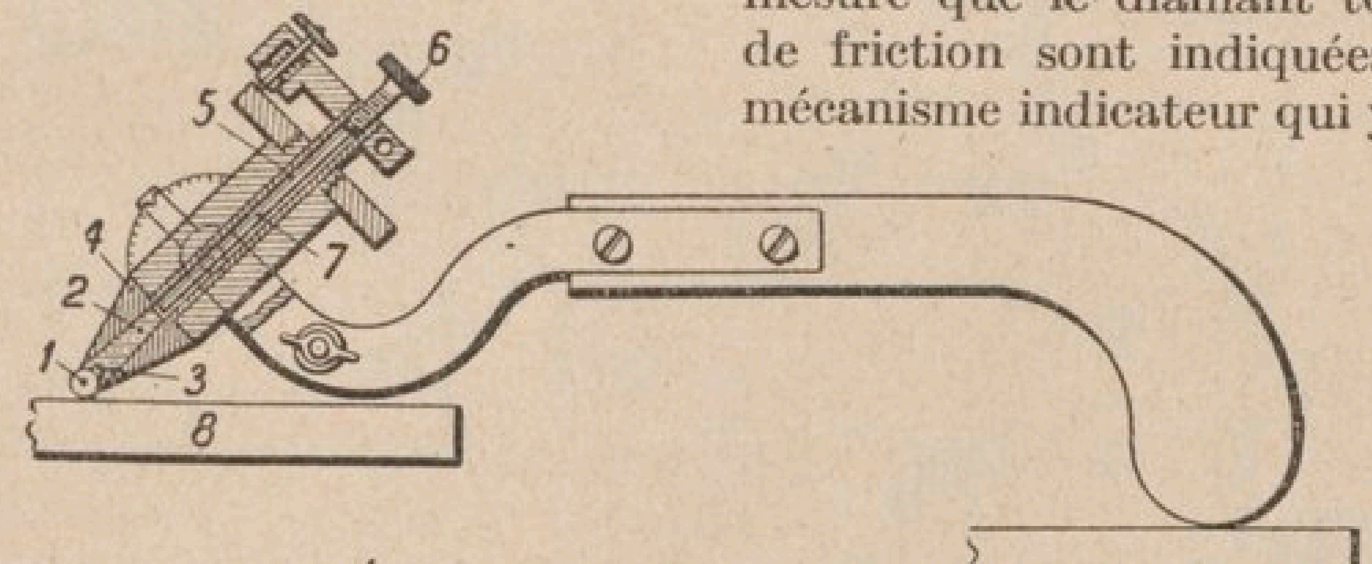
Pendant le polissage d'un diamant, on tient habituellement la pierre dans le tailloir où il est, soit enchassé, soit noyé au sein d'une masse de métal à l'état semi-fondu contenue dans une petite douille de cuivre. Le diamant est maintenu en place par le métal une fois que ce dernier a fait prise en se refroidissant. On est donc obligé de ramollir le métal et de rajuster le diamant pour présenter à la meule une nouvelle facette, car il n'est pas possible d'exposer à la fois toutes les parties d'une pierre situées d'un même côté de sa ligne de ceinture.

Afin de supprimer cet inconvénient, on a cherché à assujettir le diamant au tailloir au moyen d'une matière adhésive capable de maintenir la pierre sans qu'il soit nécessaire de l'y noyer. Comme la plupart des matières adhésives ne seraient pas capables de supporter la haute température résultant du polissage, on emploie un mastic qui se carbonise lorsqu'on le chauffe en l'adhérant au diamant. On peut également utiliser des mastics vitreux et refroidir le diamant ainsi que la matière adhésive pour maintenir l'adhérence entre les deux.

On peut constituer un mastic à base de carbone en mélangeant du coke pulvérisé à de la farine de seigle ou à de la gomme laque. On obtiendra également un bon mastic en broyant et en malaxant ensemble soixante-quinze parties d'anthracite finement pulvérisé, vingt-cinq parties de gomme laque en poudre fine, cinquante parties d'acide borique, vingt-cinq parties de chlorure de magnésium ou de calcium et enfin une quantité suffisante de sucre de canne caramélisé ou de goudron de houille, de manière à former du tout une pâte épaisse et infusible.

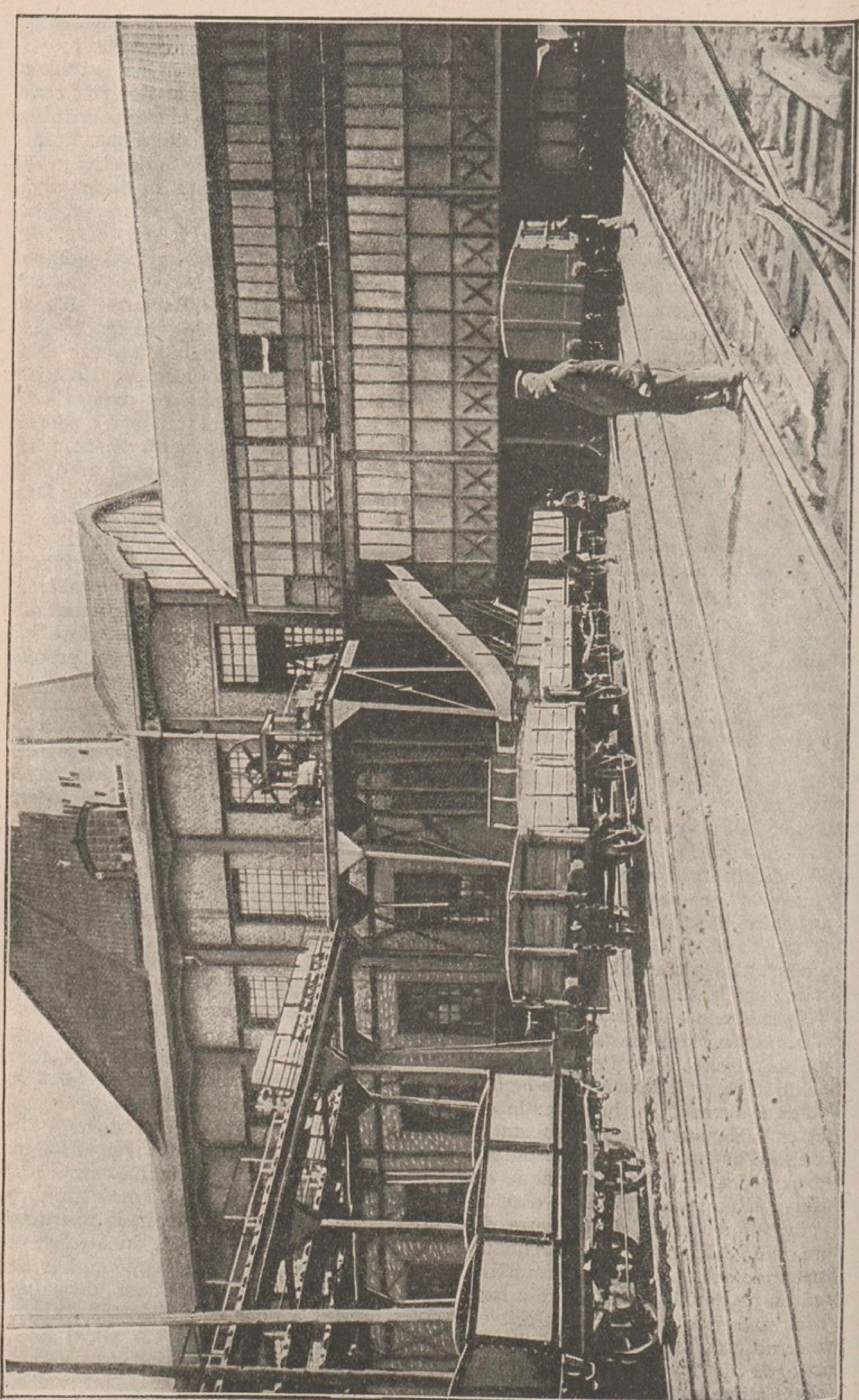
Pour fixer un diamant au tailloir à l'aide de ce mastic, on applique ce dernier à froid, puis on le cuit à une haute température pendant trente minutes à l'abri du contact de l'air, afin d'obtenir une carbonisation provoquant l'adhérence du diamant sur le tailloir. Pour détacher la pierre, on se sert très commodément d'une paire de pinces coupantes.

On a souvent cherché à déterminer rapidement et exactement les faces de clivage du diamant, tout en épargnant du temps et de la main-d'œuvre et en supprimant aussi, dans une large mesure, la nécessité de développer une grande habileté dans la manipulation de la pierre. A cet effet, le diamant est mis en rotation contre une surface ou table de friction, ou roue à polir. Les différences dans les effets physiques produits au fur et à mesure que le diamant tourne sur la table de friction sont indiquées au moyen d'un mécanisme indicateur qui y répond ; comme les phénomènes physiques qui se produisent lorsque la face de clivage du diamant est présentée à la table de friction sont différents des effets qui se produisent autrement, ils indiquent le moment où le diamant se trouvera avec sa face de clivage dans la position voulue. Comme exemples des différents effets physiques qui peuvent être utilisés ou dont on peut tirer parti pour déterminer le « grain » ou direction des faces de clivage d'un diamant, on peut citer les suivants : 1° la variation dans la résistance de frottement constatée ; 2° la variation dans la température produite ; 3° les différences dans les effets lumineux ou de production d'étincelles ; 4° les différences dans le son qui accompagne la rotation ; 5° les différences dans l'intensité de l'électricité statique recueillie. L'invention consiste donc à déterminer le « grain » ou la direction des faces de clivage du diamant en utilisant l'un quelconque des effets physiques spécifiques susmentionnés. Plus particulièrement, elle vise l'utilisation du premier de ces effets, à savoir, la résistance de frottement. Dans ce but, on a construit un mécanisme indicateur répondant à des différences dans le frottement développé entre la roue à polir et le diamant, suivant la position de ce dernier. Un autre mécanisme enregistre la direction des faces de clivage du diamant. E. DE GRANDCHAMP



APPAREIL AMÉRICAIN POUR ASSUJETTIR LES DIAMANTS SUR LE TAILLOIR PENDANT LE POLISSAGE

Le diamant, dégrossi, 1, est tenu dans le godet du tailloir en charbon 2, au-dessus du plateau à polir 8, au moyen d'une masse de mastic carbonacée 3. Pour dégager le tailloir 2 de la tête 4, on fait tourner la vis 6, qui pénètre dans l'extrémité externe de la queue 5 et dont la tige 7 repousse le tailloir vers l'extérieur.



INSTALLATIONS DE RECETTE ET DE TRIAGE DES CHARBONS FAISANT PARTIE D'UN SIÈGE D'EXTRACTION, DANS LE NORD DE LA FRANCE

Les wagons sont poussés sous les cribles placés dans l'aile droite du bâtiment, où ils se remplissent automatiquement de charbon prêt à être livré.

L'ÉLECTRIFICATION COMPLÈTE DES MINES DE HOUILLE EST DEVENUE UNE NÉCESSITÉ

Par Charles LORDIER

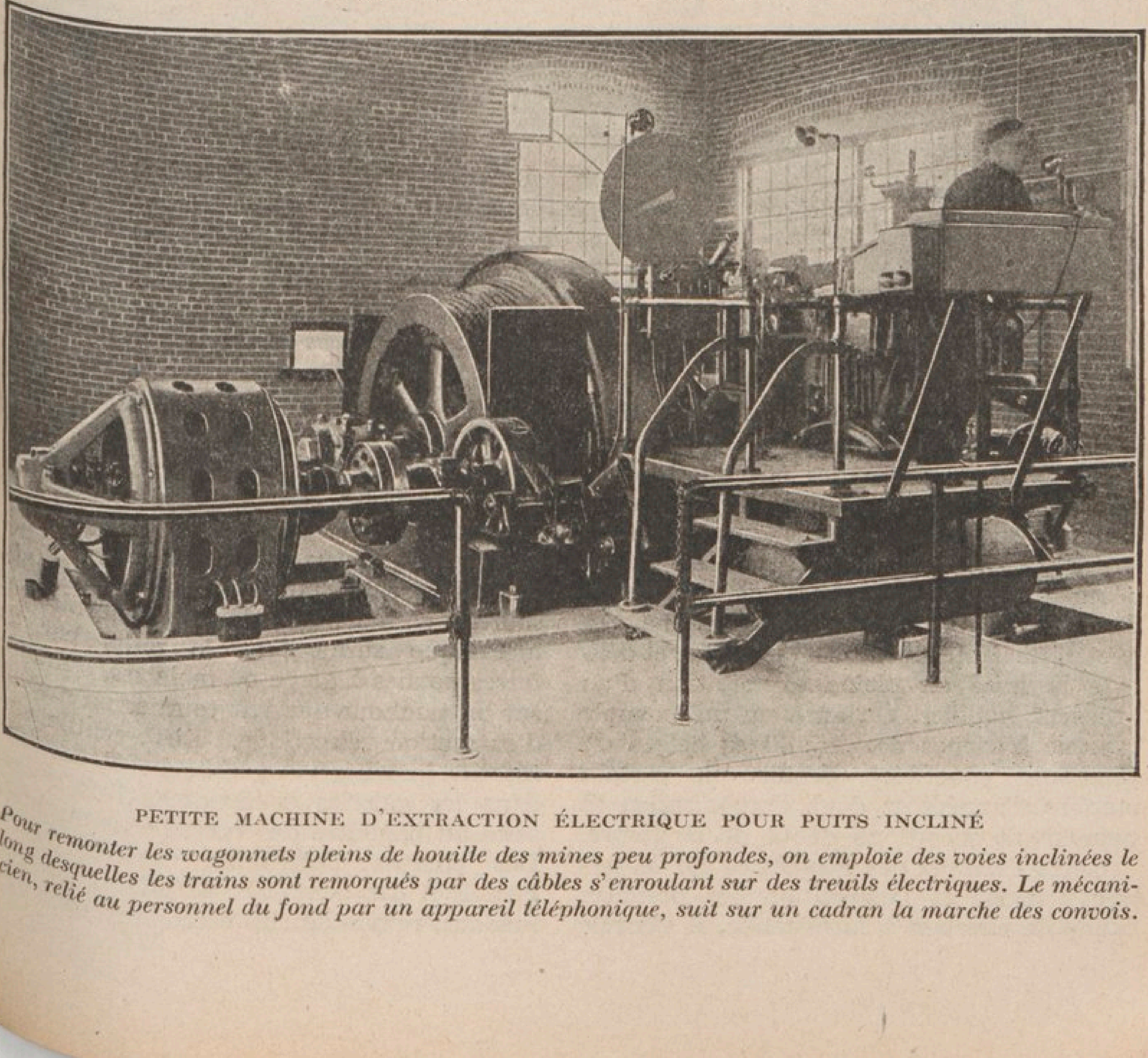
INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

L'ÉTAT lamentable dans lequel l'ennemi a laissé les mines de houille du Nord de la France, systématiquement détruites par des équipes de spécialistes, suivant un plan soigneusement étudié à l'avance, impose aux exploitants la lourde tâche d'une réfection complète de toutes les installations d'extraction et autres, aussi bien en profondeur qu'à la surface du sol.

Jamais aucune nation ne s'est trouvée en face d'un problème aussi redoutable, car la fureur destructive de l'assaillant n'a rien épargné, pas même les cuvelages de nombreux puits, dont l'éclatement, provoqué par des charges d'explosifs, a permis aux eaux souterraines d'envahir les divers étages de galeries et de noyer tous les chantiers du fond.

L'exploitation des mines, qui est pour l'homme un élément si important d'activité dans le monde entier, va donc devenir en France une des occupations capitales d'une fraction importante de la population. Il faut remettre en marche nos anciennes houillères et en équiper de nouvelles afin de remédier à la pénurie de force motrice à bon marché qui pesait si lourdement sur nos industries manufacturières avant la guerre.

De plus, puisque le sort adverse a voulu



PETITE MACHINE D'EXTRACTION ÉLECTRIQUE POUR PUITS INCLINÉ

Pour remonter les wagonnets pleins de houille des mines peu profondes, on emploie des voies inclinées le long desquelles les trains sont remorqués par des câbles s'enroulant sur des treuils électriques. Le mécanicien, relié au personnel du fond par un appareil téléphonique, suit sur un cadran la marche des convois.

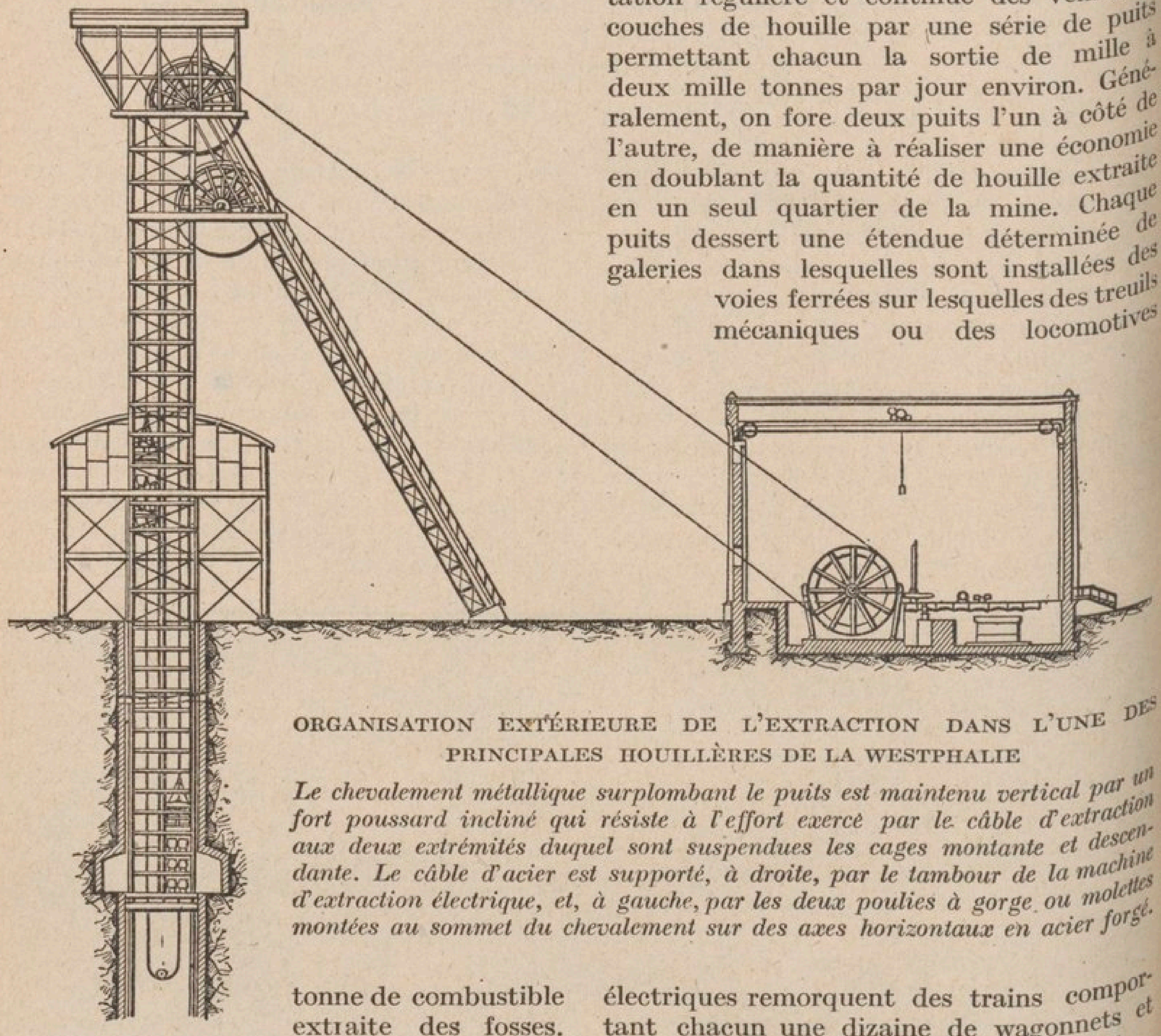
que presque rien ne subsistât des superbes machineries qui faisaient l'orgueil de nos bassins du Nord et du Pas-de-Calais, il faut nous efforcer de réaliser des ensembles mécaniques plus parfaits encore que leurs devanciers, afin d'augmenter les rendements et de diminuer le plus possible l'effort du mineur, ainsi que le prix de revient de la tonne de combustible extraite des fosses.

Beaucoup de personnes ont pu trouver exagérée l'évaluation, pourtant presque unanime, des ingénieurs des mines, qui estiment à une dizaine d'années le laps de temps nécessaire pour effacer la dernière trace du passage des vandales. On s'imagine, en effet, difficilement combien est longue et délicate la mise en pleine exploitation d'un gisement houiller. On en a vu un exemple typique à propos des houillères belges du Limbourg concédées depuis un certain nombre d'années et dont l'organisation se poursuivait encore au début de la guerre.

Entre l'arrivée des géomètres sur le terrain concédé et l'expédition des premiers trains de charbon à la clientèle, il s'écoule de cinq à dix ans, suivant l'importance des difficultés rencontrées pour le forage des puits, l'installation des divers niveaux de galeries et la mise en place de l'énorme quantité de tonnes de matériel qu'exige l'organisation des nombreux services d'une mine de houille, au jour et en profondeur.

Une fois le gîte reconnu, on assure l'exploitation régulière et continue des veines ou couches de houille par une série de puits permettant chacun la sortie de mille à deux mille tonnes par jour environ. Généralement, on fore deux puits l'un à côté de l'autre, de manière à réaliser une économie en doublant la quantité de houille extraite en un seul quartier de la mine. Chaque puits dessert une étendue déterminée de galeries dans lesquelles sont installées des voies ferrées sur lesquelles des treuils mécaniques ou des locomotives électriques remorquent des trains comportant chacun une dizaine de wagonnets et pesant jusqu'à quarante tonnes au total.

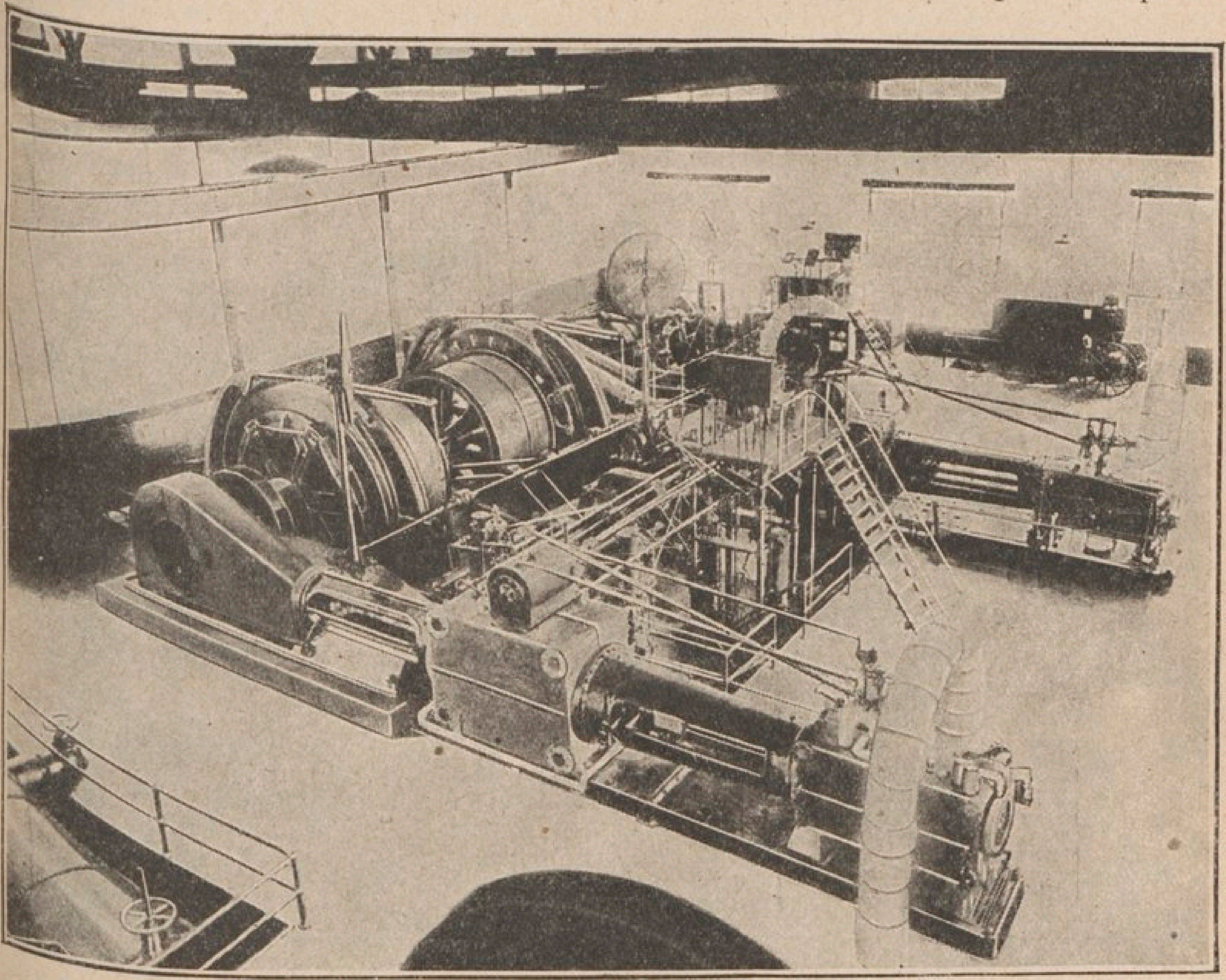
Dans le puits, sont installés de puissants ascenseurs pourvus de cages guidées, à plusieurs étages, suspendues à chaque extrémité d'un câble métallique plat. Ce câble, soutenu en haut du pylône ou chevalement de métallique surmontant le puits par de fortes poulies à gorge ou molettes, s'enroule sur un tambour que fait tourner un moteur d'extraction électrique. Des ventilateurs rotatifs, installés à la surface du sol, envoient dans les galeries souterraines l'air nécessaire au bien-être des travailleurs du fond. Des pompes électriques, enterrées quelquefois à des centaines de mètres de profondeur, remontent les eaux provenant des



ORGANISATION EXTÉRIEURE DE L'EXTRACTION DANS L'UNE DES PRINCIPALES HOUILLÈRES DE LA WESTPHALIE

Le chevalement métallique surplombant le puits est maintenu vertical par un fort poussard incliné qui résiste à l'effort exercé par le câble d'extraction aux deux extrémités duquel sont suspendues les cages montante et descendante. Le câble d'acier est supporté, à droite, par le tambour de la machine d'extraction électrique, et, à gauche, par les deux poulies à gorge ou molettes montées au sommet du chevalement sur des axes horizontaux en acier forgé.

terrains traversés par les travaux. Les mineurs sont encore, la plupart du temps, éclairés par des lampes mobiles et personnelles, brûlant de la benzine ou un gaz quelconque. Il est probable que l'on trouvera le moyen d'installer la lumière électrique par lampes fixes à incandescence, même dans les mines grisouteuses. Pour le moment, la chose est très faisable dans les gisements où il n'existe pas de poches de gaz. L'ensemble des machineries énumérées ci-dessus constitue ce que l'on appelle les services du fond, qui comportent également le traçage des galeries d'exploitation et des chantiers d'abatage ainsi que la conduite des machines servant à provoquer la rupture des couches de houille au moyen de saignées ou de trous dans lesquels on introduit des cartouches d'explosifs. Nous verrons plus loin qu'actuellement, dans tous les gisements comportant des couches suffisamment épaisses et larges, on s'efforce de limiter autant que possible l'emploi des explosifs et de la main-d'œuvre humaine pour adopter des moyens d'abatage exclusivement mécaniques. On réalise ainsi une importante économie, car les ouvriers mineurs sont rares et exigeants et le prix des explosifs ne laisse pas que d'être élevé. D'autre part, le sautage des charges de poudre ou de dynamite à l'intérieur des galeries en vicie l'atmosphère et complique le problème déjà si difficile à résoudre de l'aérage souterrain.



MACHINE D'EXTRACTION A VAPEUR TANDEM COMPOUND A CONDENSATION

Le câble d'extraction s'enroule sur un tambour central à gauche duquel on voit un puissant appareil de freinage. Chaque moteur se compose de deux cylindres dont un à haute pression, situé derrière un autre, à basse pression, utilise la vapeur d'échappement du premier. La traction exercée sur le câble dépasse quelquefois 10.000 kilogrammes. Le mécanicien se tient en arrière, sur une plate-forme surélevée.

Le charbon brut sortant de la mine dans les berlines que remonte la machine d'extraction contient des débris de schistes dont il faut le débarrasser par un triage. Cette houille, provenant directement des divers fronts de taille des chantiers souterrains, se compose de morceaux de toutes grosseurs mélangés à de la poussière : c'est le tout-venant. La clientèle industrielle ou bour-

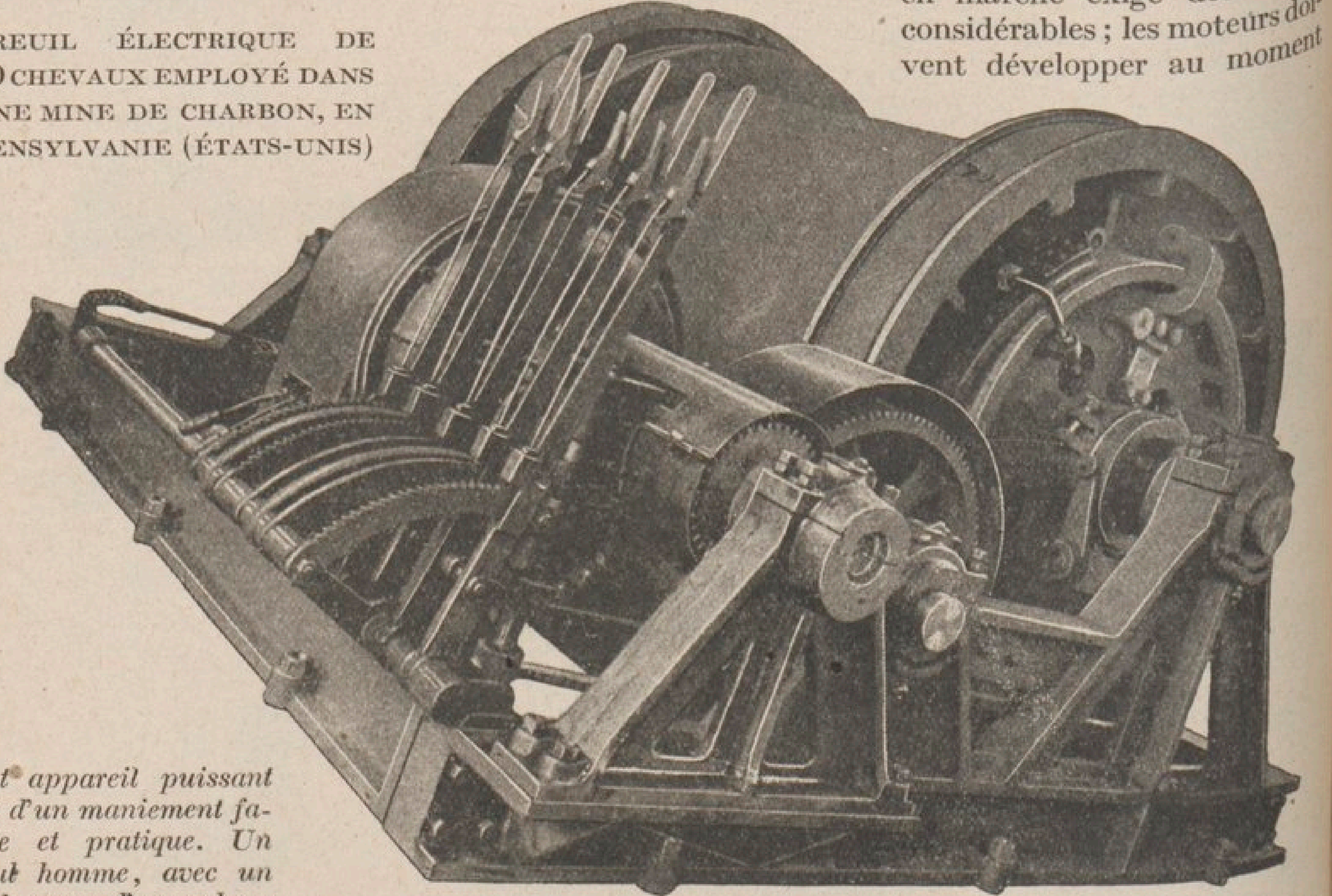
geoise n'achète pas que du tout-venant. Elle veut soit du gros, soit une des nombreuses catégories de morceaux comprises entre le gros et le poussier : gailleterie, gailletin, tête de moineau, etc., soit de petits morceaux dénommés fines, qu'on ne peut livrer qu'après lavage. On doit donc trier le tout-venant et le décomposer sur des grilles à écartements divers pour pouvoir réunir ensuite ses éléments suivant des dosages correspondant aux qualités commerciales

à la dernière solution démarrent facilement, sont extrêmement robustes et ne donnent lieu qu'à des dépenses d'entretien relativement faibles, d'autant plus que leur puissance varie de 2 à 30 chevaux au maximum.

Pour les criblages et pour les lavages, on choisit des moteurs étanches dits " blindés ", parfaitement protégés contre les poussières.

Les usines à briquettes, ainsi que les batteries de fours à coke, comportent des presses, des enfourneuses, etc., dont la mise en marche exige des efforts considérables ; les moteurs doivent développer au moment

TREUIL ÉLECTRIQUE DE 80 CHEVAUX EMPLOYÉ DANS UNE MINE DE CHARBON, EN PENSYLVANIE (ÉTATS-UNIS)



Cet appareil puissant est d'un maniement facile et pratique. Un seul homme, avec un aide pour l'accrochage du câble tracteur, suffit pour amener les wagonnets pleins du front d'abatage jusqu'à une voie principale desservie par des locomotives électriques d'un système quelconque (trolley ou accumulateurs).

qui conviennent aux industriels ou aux simples particuliers. L'ensemble des appareils servant au triage, au classement et au lavage des charbons constitue une partie importante du matériel des services du jour dans les houillères modernes.

Il n'y a rien à dire de bien spécial sur l'emploi de moteurs électriques pour la commande des ateliers faisant partie des services du jour, à savoir . criblages, lavages, usines à briquettes, fours à coke, compresseurs d'air, machines-outils servant aux réparations. Le courant continu est aussi avantageux dans ces divers cas que les courants alternatifs, mais dans les ateliers d'entretien, où la vitesse est, en général, constante, on tend à préférer ces derniers. De plus, les moteurs polyphasés correspondant

du démarrage une puissance souvent supérieure au double, et même au triple de celle qui correspond au service courant et résister sans avaries à de forts à-coups. Chaque appareil est d'ailleurs muni de son moteur électrique individuel à courant généralement triphasé de 30 à 100 chevaux.

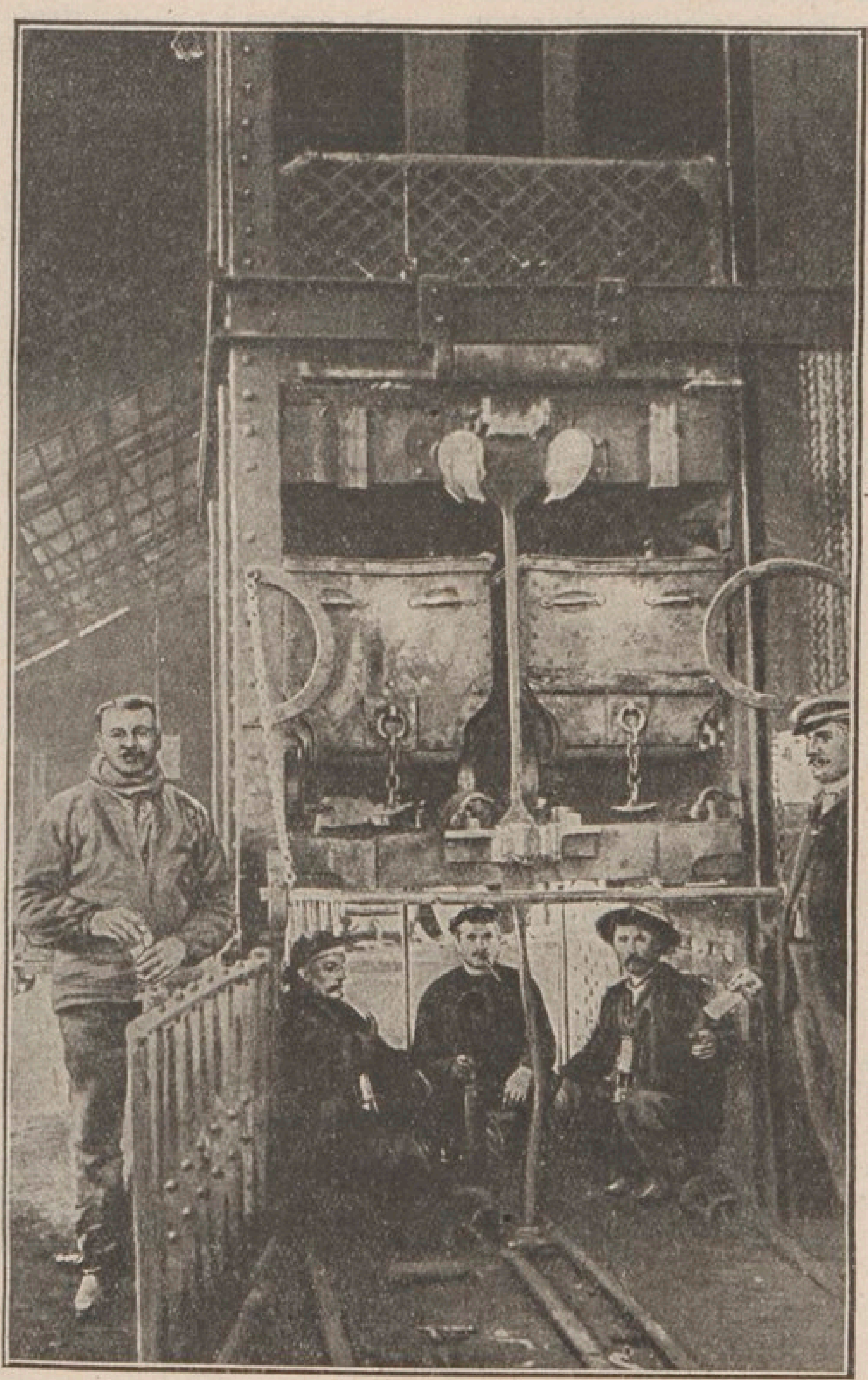
Dans l'ensemble, on peut faire remarquer que l'adoption du moteur électrique permet de réaliser dans l'installation des services du jour, des ateliers bien dégagés, propres et faciles à surveiller, dont les dépenses de force motrice sont cependant sensiblement moindres que celles des anciennes mines munies de batteries de chaudières actionnant des machines à pistons ou des turbines très perfectionnées.

Le moteur électrique trouve de fréquentes

et pratiques applications pour la commande des puissants appareils de manutention mécanique qui sont le complément obligé de tout parc à combustible installé sur le carreau d'une mine. La France est maintenant capable de construire de grands élévateurs pour mises en tas et tous les ponts roulants qu'elle achetait jadis en si grand nombre à l'étranger, surtout en Allemagne.

Il est très rare qu'il n'existe pas dans un gîte houiller des nappes d'eau souterraines d'un débit plus ou moins considérable qui nécessitent l'installation à poste fixe de pompes à pistons ou centrifuges commandées soit par courroies, soit par accouplement direct.

On peut actionner les pompes à pistons par des moteurs à courant continu ou à courants polyphasés, mais étant donné le poids élevé de ces appareils et leur rendement peu satisfaisant dû à leur faible vitesse de rotation, on préfère aujourd'hui les pompes centrifuges. En effet, en faisant commander directement ces dernières par un moteur électrique on obtient de bons rendements grâce aux grandes vitesses de rotation qu'on réalise.



VUE PRISE LORS DU DÉPART D'UNE CAGE DESCENDANT DU PERSONNEL AU NIVEAU DU SOL D'UN PUITS DE MINE

Chaque puits d'extraction débouche sur le sol ou « carreau » de la mine, à l'intérieur d'un édicule grillé appelé « recette » et rappelant ceux des ascenseurs de nos immeubles. La cage mobile servant à la descente et à la remonte, soit de la houille, soit du personnel, est suspendue au câble d'extraction. Elle est maintenue au niveau du sol de la recette par des taquets à commande hydraulique ou électrique qui s'effacent mécaniquement dès que l'on veut la descendre.

Il n'en est pas de même si l'on a recours à des transmissions par courroies ; la pompe à pistons est avantageuse, puisque le moteur, qui peut être choisi à vitesse normale, fonctionne alors dans les meilleures conditions d'utilisation. Les ingénieurs soucieux d'obtenir un très bon rendement, en consentant un sacrifice quant à l'encombrement, assurent l'épuisement courant par des pompes à pistons actionnées au moyen de moteurs électriques avec courroies. Par prudence, on installe alors comme groupes de secours des pompes centrifuges à faible rendement mais peu encombrantes. Actuellement, on dispose de turbo-pompes à vapeur, système Rateau ou autres qui rendent de grands services dans les mines très grisouteuses où l'on doit proscrire complètement tout équipement électrique ordinaire.

On construit couramment des pompes centrifuges d'épuisement à plusieurs corps, dites multicellulaires, ou à plusieurs étages, correspondant à des puissances de 400 à 1.000 chevaux indiqués.

Les moteurs à courants alternatifs sont spécialement à recommander quand il

s'agit d'actionner des ventilateurs ayant une vitesse de rotation uniforme, tandis que le courant continu est seul possible si le régime de vitesse doit varier dans des limites étendues, suivant les besoins du moment. On sait que pour tous les appareils de ce genre : hélices de navires ou d'aéroplanes, pompes centrifuges ou ventilateurs, la puissance absorbée croît en raison directe du cube de la vitesse de rotation. Quand un puits d'extraction de mine sert en même temps de retour d'air, on ferme la section au moyen de clapets que les cages de service soulèvent au passage. A cet instant, le ventilateur électrique fonctionne dans des conditions telles que son travail peut être doublé. S'il est commandé par une courroie, celle-ci glisse sous l'influence de l'à-coup, qui est atténué par le prompt ralentissement du ventilateur.

Il n'en est pas de même dans le cas des moteurs accouplés directement qui s'accommodent mal des accroissements de charge importants. On doit alors installer des régulateurs électriques automatiques, dont le principe peut consister, par exemple, à faire introduire par un relais une résistance fixe dans le rotor du moteur dès que l'à-coup se produit.

On peut aussi régler la vitesse des ventilateurs électriques, si besoin en est, au moyen de dispositifs agissant sur l'excitation dans le cas du courant continu, ou en introduisant une résistance réglable dans le circuit du rotor, s'il s'agit de courant alternatif. Les deux systèmes sont excellents.

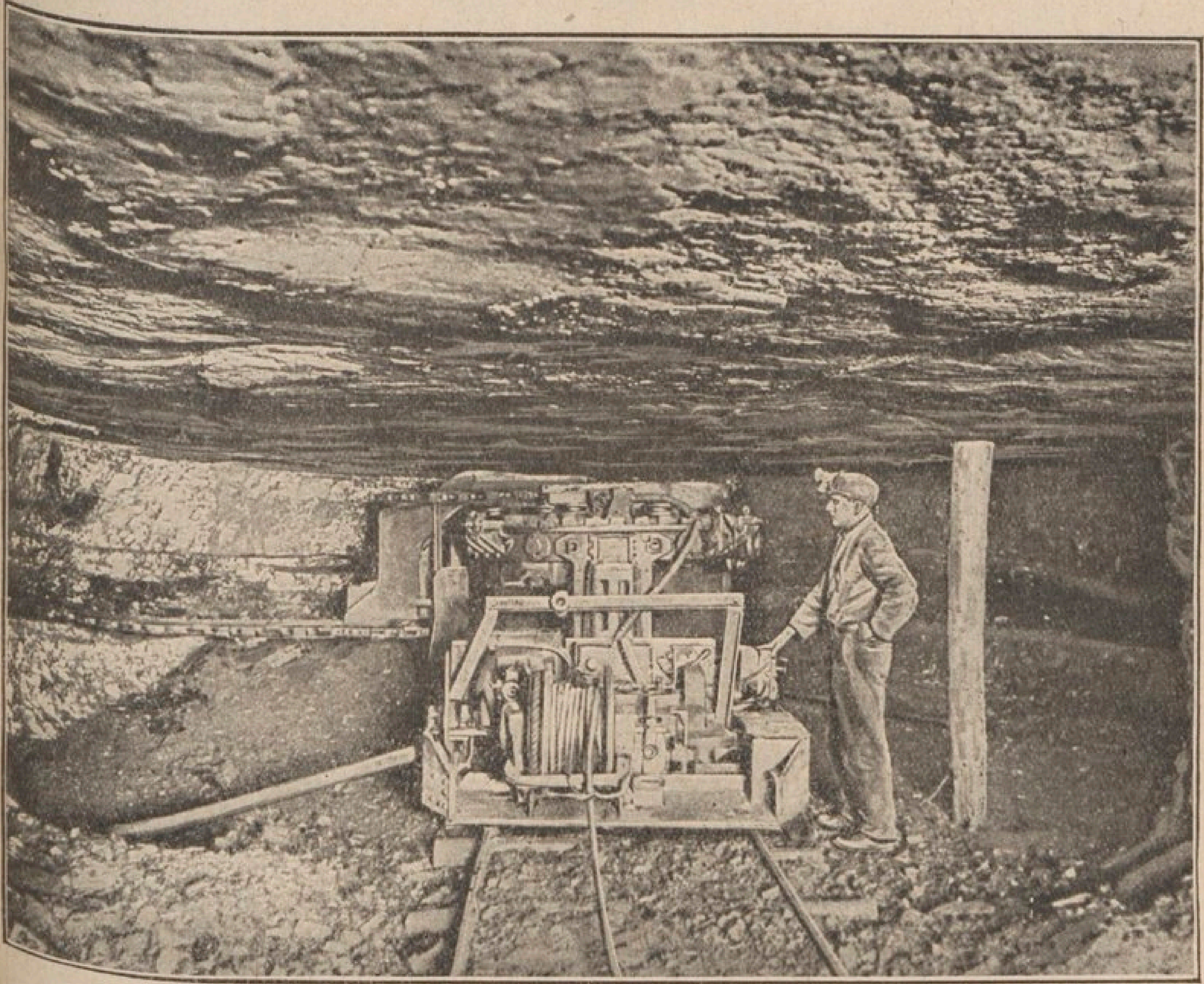
On arrive à réaliser ainsi de puissants ventilateurs susceptibles de débiter 100 mètres cubes d'air par seconde, la dépression d'eau correspondante étant de 120 millimètres. Le diamètre de la turbine est alors d'environ 7 m. 50 et les palettes ont 3 m. 50 de largeur. Le ventilateur tourne à une centaine de tours par minute sous l'action d'un moteur de 850 chevaux alimenté de courant triphasé dont la tension est de 5.000 volts et la fréquence de 50 périodes par seconde. Le démarrage peut s'obtenir facilement avec un rhéostat hydraulique combiné avec l'emploi d'un limiteur de surcharge qui fonctionne automatiquement dès qu'il se produit un excès de travail atteignant 30 %.

MINEURS AU TRAVAIL AU FRONT DE TAILLE, DANS UNE HOUILLÈRE DU NORD DE LA FRANCE RESTÉE INTACTE

On emploie ici un mode de travail à la main différent de ceux que représentent les figures pages 301 et 302, qui sont consacrées à l'abatage mécanique par tailles. En Europe, les veines ne permettent pas toujours l'emploi en grand des haveuses américaines, et on se contente souvent des perforeuses mécaniques qui permettent d'accélérer l'abatage par les explosifs dits de sûreté.

Le principal travail dans l'exploitation des mines est d'abattre le charbon mis à nu dans le fond des galeries. Pendant des siècles, l'abatage s'est fait à la main au moyen de pics, de masses et de coins. Le « piqueur à la veine » attaque le point de taille de manière à en détacher un bloc ayant la forme d'un parallélipipède rectangle au moyen de trois coupures. Il obtient par dessous un plan horizontal, dénommé *havage*, ayant de 0 m. 50

à 1 m. 50 de profondeur ; l'intervalle entre le sol et ce plan est la sous-cave. De chaque côté du bloc qu'il s'agit de faire tomber, on pratique deux coupures qui déterminent deux plans verticaux ou *rouillures*. Au moyen de coins, on détache ensuite du plafond le bloc qui est libre de trois côtés. On conçoit que, fait à la main, ce travail soit long et primé dont il a été déjà parlé dans la *Science et la Vie* (voir n° 33, page 27). Depuis quelque temps, les perforatrices se sont également répandues, surtout en Angleterre et en Allemagne. En France, on donne la préférence aux appareils à air comprimé et surtout aux marteaux perforateurs qui agissent par percussion et qui ont l'avantage



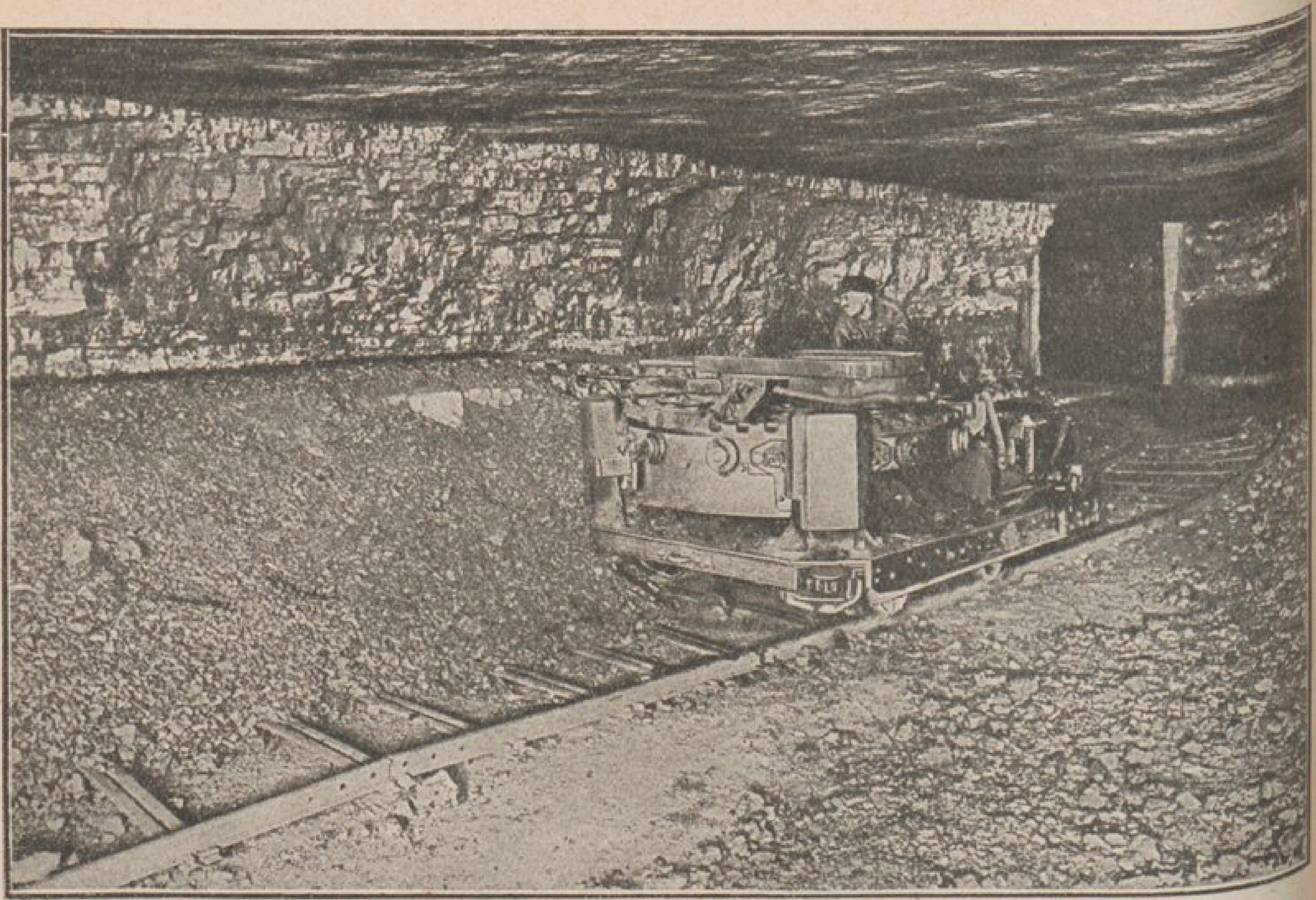
HAVEUSE ÉLECTRIQUE AMÉRICAINE REMPLAÇANT L'ABATAGE A LA MAIN

On pousse cette machine sur une voie légère jusqu'au front de taille. Elle découpe très régulièrement la veine de charbon au moyen d'une chaîne sans fin formée d'une série de couteaux d'acier extrêmement résistants qui se déplacent horizontalement sur des galets dont les axes verticaux sont supportés par une longue flasque double (on voit, sur la photographie, cette flasque à gauche de la machine).

fatigant ; c'est pourquoi on a depuis longtemps imaginé des méthodes d'abatage fondées sur l'emploi des explosifs. On perce sur les trois faces antérieure et latérales du bloc des trous dans lesquels on introduit des cartouches de dynamite ou d'explosifs divers. Quand on a dégagé le parallélipipède, on le détache du plafond de la même manière, et il tombe en morceaux plus ou moins gros sur le sol du chantier ou dans un wagonnet.

Les trous de mine se percent aujourd'hui au moyen de perforatrices à air comde participer au bon aérage des fronts de taille.

Mais le principal progrès, en ce qui concerne l'abatage du charbon, a été accompli aux Etats-Unis où de nombreux inventeurs ont imaginé des appareils électriques capables d'effectuer le havage et les rouillures ainsi que le chargement automatique sur wagonnets de toute la houille extraite. La photographie reproduite à la page précédente permet de se rendre compte facilement du travail pénible qu'exigent l'abatage et le chargement des berlines à la main, alors



HAVEUSE ÉLECTRIQUE POUR L'EXÉCUTION DES PILIERS DE MASSIFS

Cet appareil, qui est du même système que celui de la page précédente, sert à tracer, dans l'épaisseur des veines, des plans de séparation permettant d'abattre la houille par tranches successives, soit au moyen des explosifs, soit en pratiquant une saignée ou sous-cave au bas de la veine, comme on le voit dans la photographie ci-dessous. On remarquera les vastes proportions de ce chantier d'une mine de Pensylvanie.

MINEURS AMÉRICAINS TERMINANT UNE « SAIGNÉE » AU BAS D'UNE VEINE

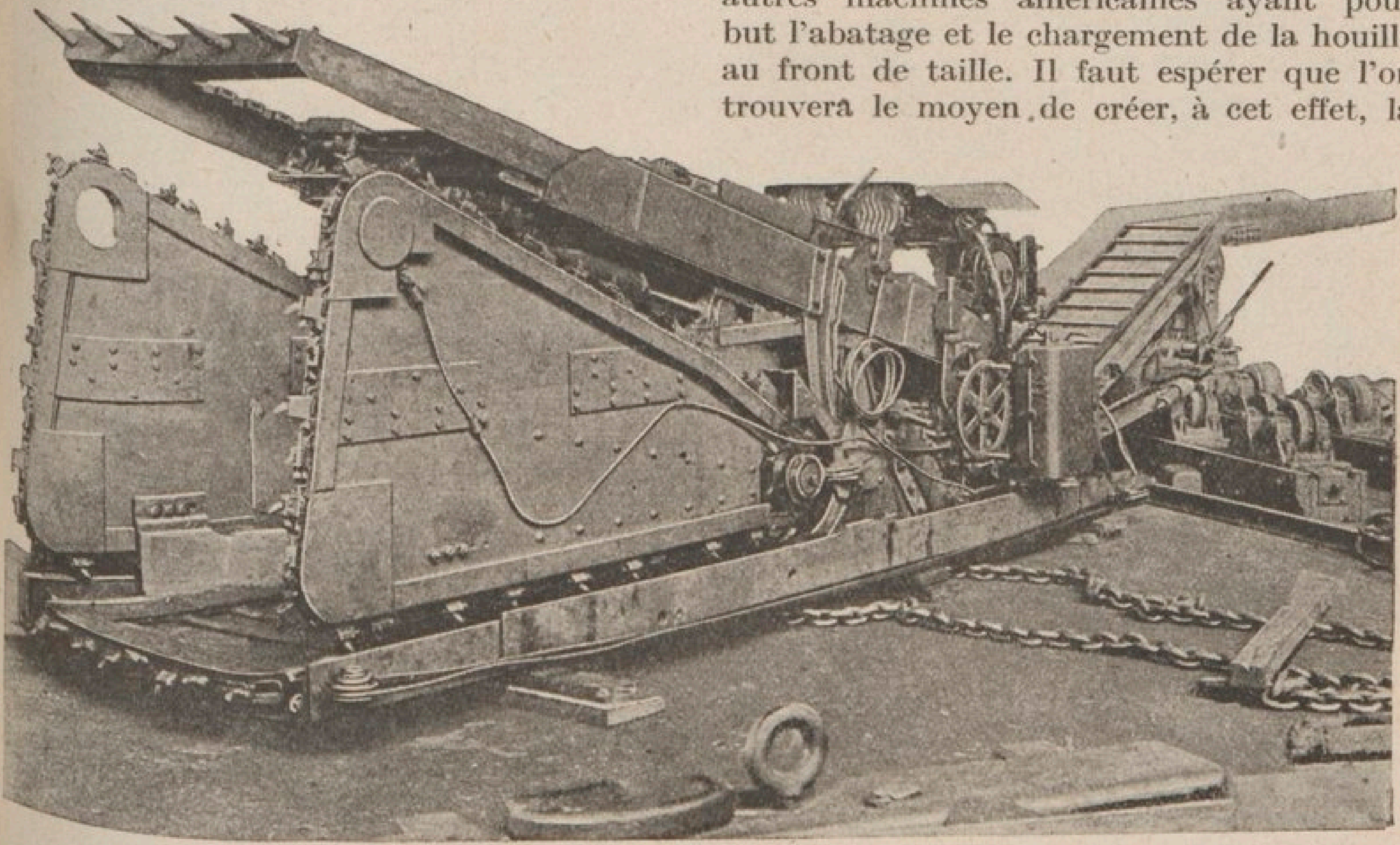
La machine, actionnée électriquement, est alimentée de courant par un câble souple. Elle est spécialement étudiée pour l'application de la méthode d'exploitation des gîtes houillers dite par massifs courts. Les dimensions extrêmement réduites de cet appareil permettent de l'employer dans des chantiers ou chambres exiguës où l'on travaille difficilement, à cause de la faible hauteur des galeries.

que l'emploi des haveuses électriques permet aux ouvriers d'accomplir sans fatigue, et à très bon compte, un travail considérable.

Les haveuses comportent soit des forets, soit plutôt des dents d'acier mobiles constituant des chaînes sans fin et qui pénètrent dans la houille en traçant ainsi un plan de havage horizontal. La grande machine reproduite ci-dessous permet d'exécuter en même temps une sous-cave de havage et deux rouillures latérales, ce qui libère les blocs du front de taille de trois côtés à la fois. Il ne reste plus qu'à faire tomber la masse de houille ainsi suspendue qui se brise en morceaux. Un tablier mécanique, situé à la partie inférieure du bâti de la machine, sert à transporter automatiquement les débris de toutes grosseurs ou *tout-venant*, fournis par l'abatage, vers un plan incliné automoteur qui les déverse dans des wagonnets. Le fonctionnement de cet appareil perfectionné est fort bien représenté par la photographie que nous en donnons.

L'adoption de ce matériel électrique a permis aux houillères américaines de remédier à la crise de la main-d'œuvre et d'abaisser le prix de revient grâce au débit obtenu. Cependant il faut signaler que, dans les mines à galeries étroites, exploitant des veines peu puissantes, il faudrait avoir recours à des haveuses de très petites dimensions, sans compter que dans les quartiers où il y a du grisou le développement du matériel électrique est considéré, à juste titre, comme dangereux, à cause des étincelles et des courts-circuits toujours possibles. Ces considérations ont retardé la généralisation du havage mécanique et des autres machines américaines ayant pour but l'abatage et le chargement de la houille au front de taille. Il faut espérer que l'on trouvera le moyen de créer, à cet effet, la machinerie spéciale dont nos mines du Nord et du Pas-de-Calais pourraient faire une heureuse application, car certains puits exploitent des districts exempts de grisou et où les veines ont suffisamment de puissance pour permettre de mettre en service des machines de dimensions tout au moins moyennes ayant un rendement intéressant. Il y a certainement un progrès à faire dans cet ordre d'idées, progrès dont profiteraient aussi bien les ouvriers mineurs que la France entière, qui a un besoin urgent de combustible et surtout de charbons de bonne qualité.

La houille est transportée du chantier d'abatage au puits dans des wagonnets ou berlines à quatre roues circulant sur les voies de fond et que remorquent des locomotives électriques spéciales à trolley ou à accumu-

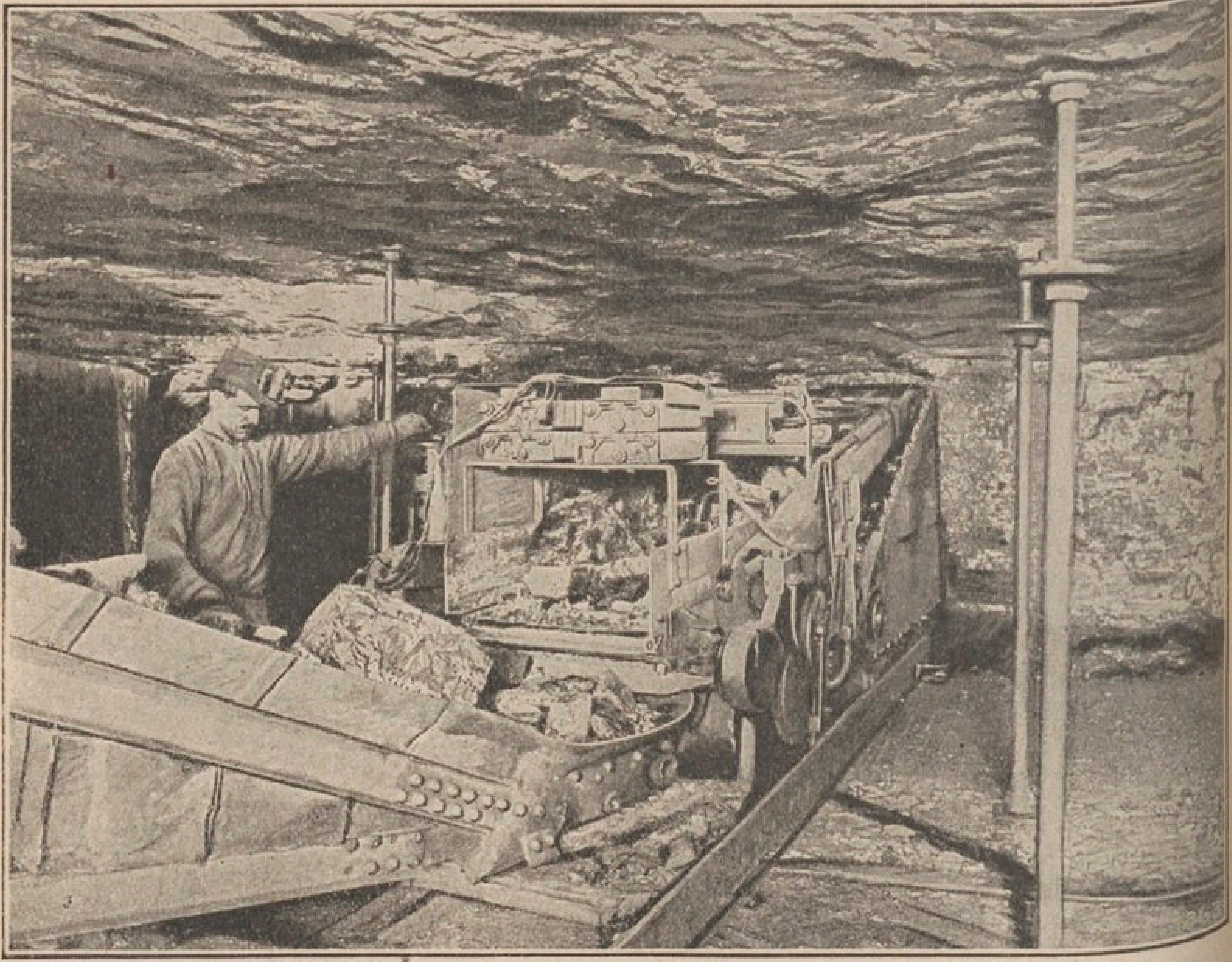


MACHINE SERVANT A L'ABATAGE ET A LA MISE SUR WAGON DE LA HOUILLE

Ce puissant appareil permet de détacher des blocs de grand volume d'un seul coup et sans recourir à l'emploi des explosifs. On voit, à gauche, sur la tranche des éléments horizontaux et verticaux du bâti, les chaînes mobiles formées de séries d'outils tranchants. A droite, se trouve un robuste tablier mécanique servant à charger le charbon abattu dans des wagonnets métalliques circulant sur les voies de service.

lateurs. Les véhicules remontés au jour dans les cages d'extraction ont à y effectuer, par la même méthode, un nouveau parcours qui a lieu sur les voies reliant la recette supérieure, c'est-à-dire l'orifice du puits, aux ateliers de triage et de criblage ou aux voies de chargement servant à la mise en wagons. Ce genre de transport applicable à la fois au fond et au jour, s'est beaucoup développé en Amérique et il commençait à prendre, en 1914, un certain développement dans les mines belges, allemandes et même françaises, malgré l'exiguité parfois assez dangereuse de quelques galeries.

Sur les voies de fond principales et surtout sur celles de surface, le système à trolley est le plus souvent employé. Le courant d'alimentation qui est, en général, du continu obtenu par transformation des courants alternatifs fournis par une centrale, est amené au puits par un câble armé partant de la centrale jusqu'au conducteur supérieur. Le retour du courant est assuré par les rails qui sont reliés par un conducteur nu au câble armé d'arrivée, soutenu à 180 millimètres du plafond ou « toit » des galeries par des isolateurs à chapeau. La partie inférieure de l'isolateur comporte un boulon d'acier dans lequel est vissée une petite borne en fonte enserrant, sans soudure, le fil de cuivre du trolley d'alimentation.

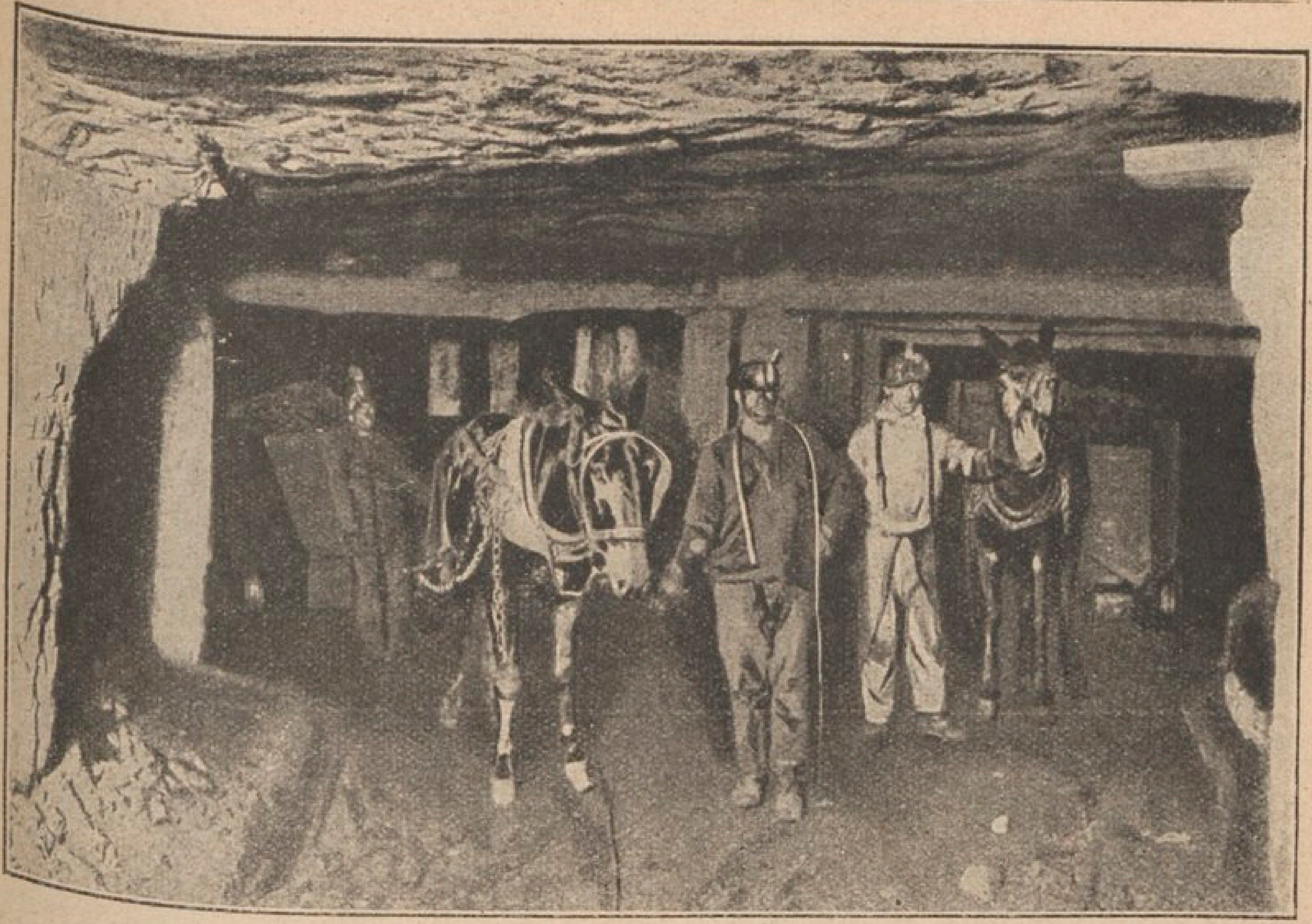


MACHINE A ABATTRE LE CHARBON EN ACTIVITÉ SUR UN FRONT DE TAILLE

Cette figure représente l'appareil reproduit à la page précédente fonctionnant dans une mine du bassin houiller de la Pensylvanie (Etats-Unis). Un seul homme suffit pour conduire ce gigantesque outil, qui exécute le travail d'une équipe complète de mineurs et de manœuvres.

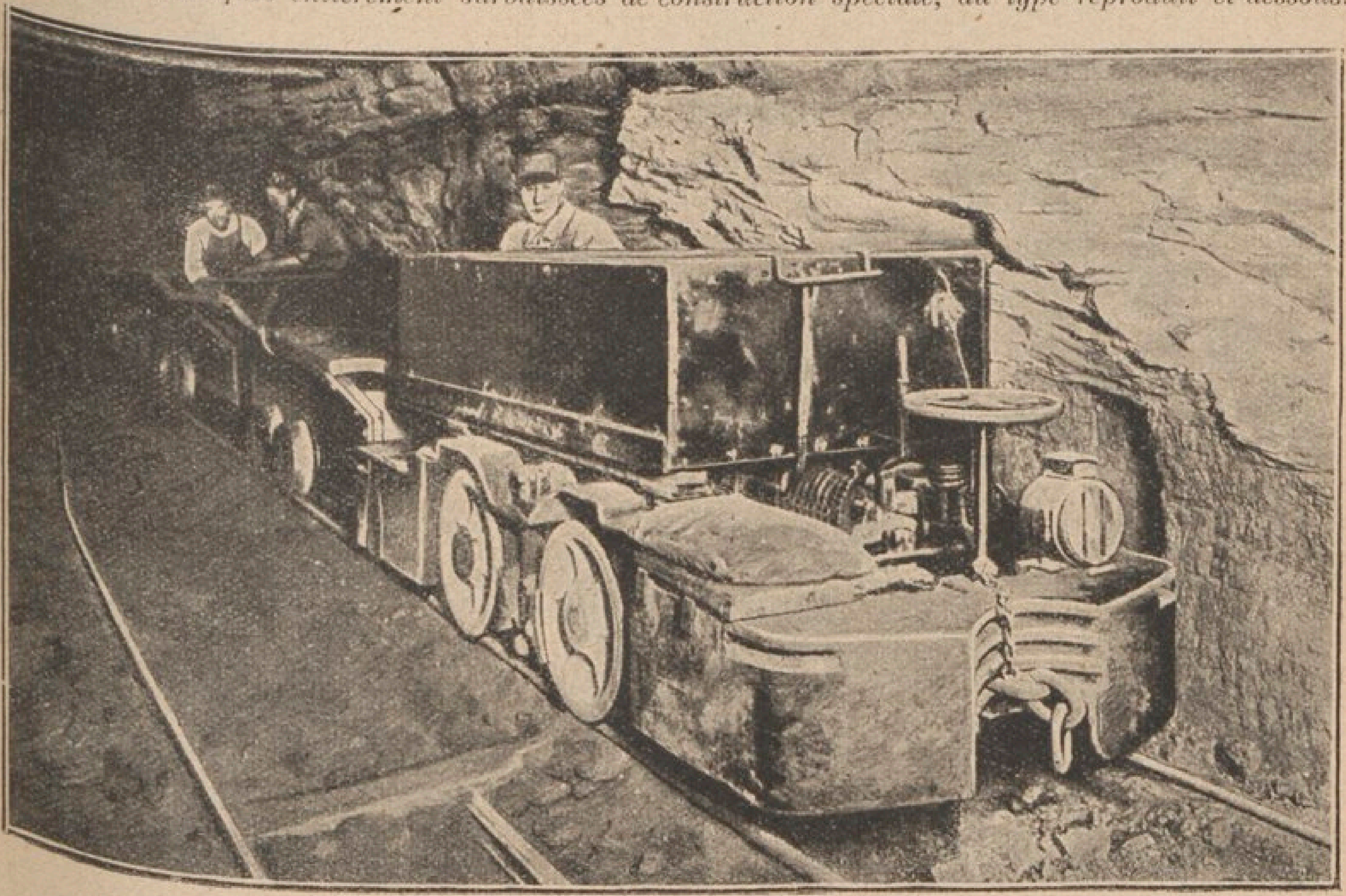
L'emploi de locomotives à accumulateurs, de construction très aplatie, permet d'organiser la traction mécanique, même dans les petites galeries aboutissant aux divers chantiers des fronts de taille. Les batteries actuelles ont une capacité suffisante pour ne pas exiger de rechargements par trop fréquents, mais cependant, il faut prévoir un nombre de rechanges suffisant, et adopter des dispositifs tels que l'on puisse remplacer facilement les accumulateurs épuisés.

D'ailleurs, le poids des batteries est avantageux au point de vue de l'adhérence



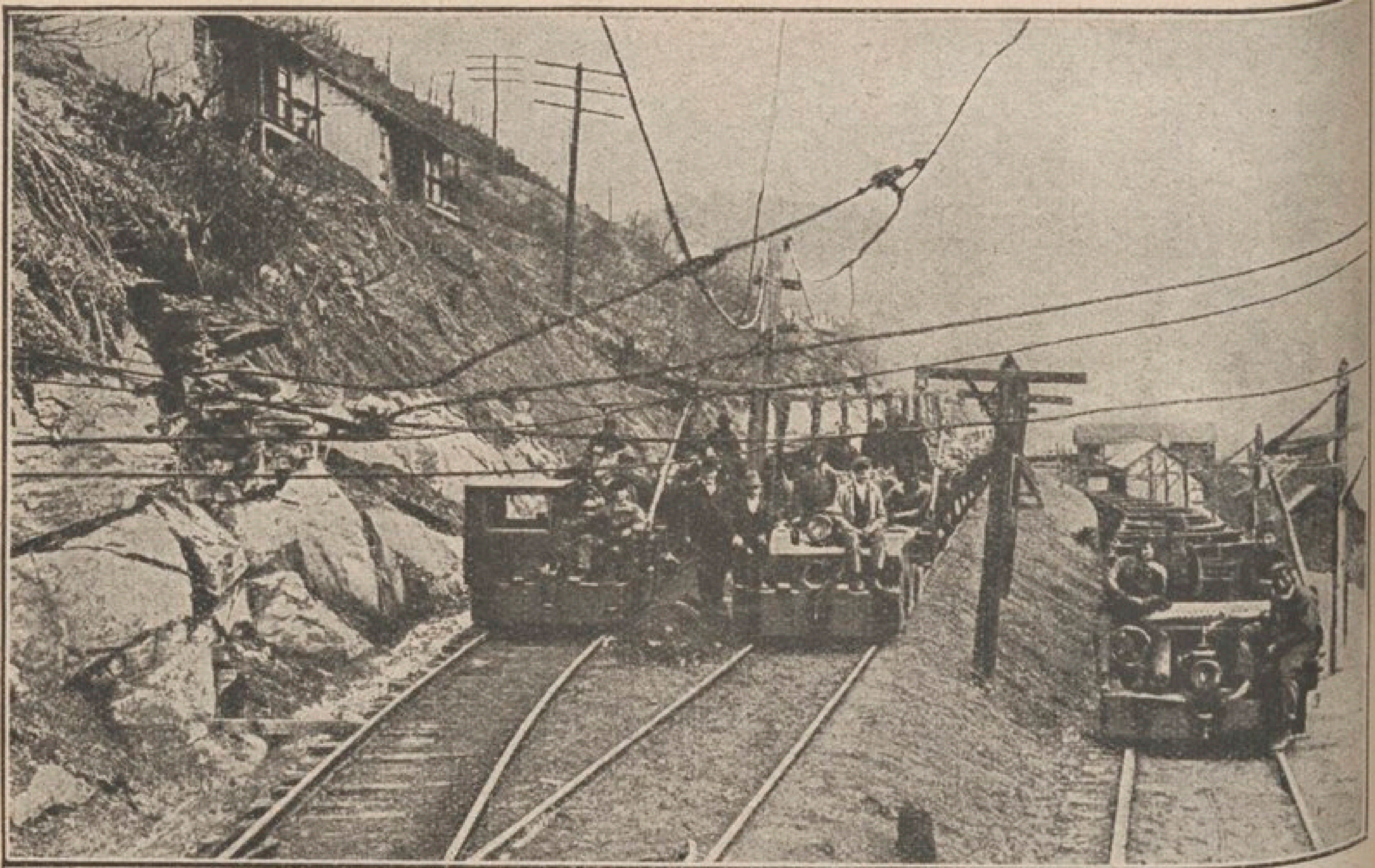
TRACTION DE BERLINES PAR CHEVAUX SUR UNE VOIE DE FOND

Pour ce travail très rude, on remplace avantageusement la force animale (chevaux ou mulets) par des locomotives électriques entièrement surbaissées de construction spéciale, du type reproduit ci-dessous.



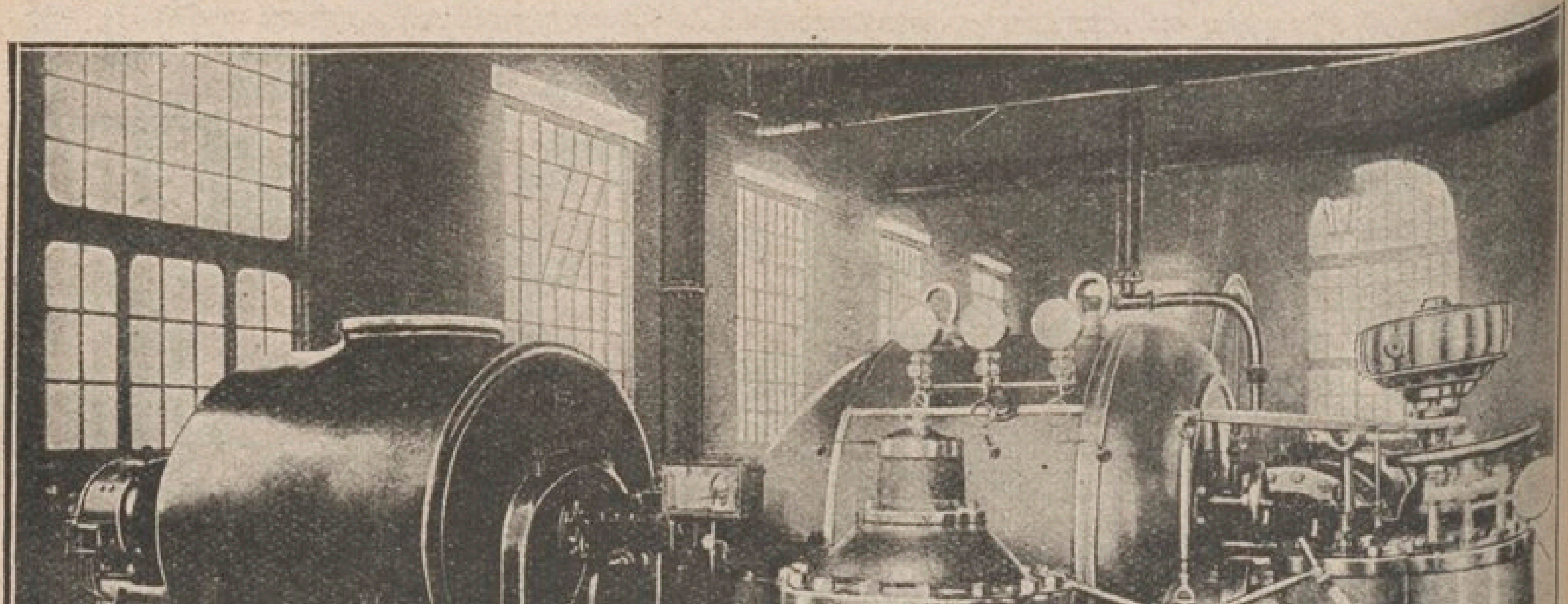
LOCOMOTIVE ÉLECTRIQUE A ACCUMULATEURS POUR GALERIES DE MINE

Ces machines, à quatre roues, ont un empattement réduit qui leur permet de circuler dans des courbes de très petit rayon. Certaines sont à moteurs et à trolleys, d'autres portent leurs accumulateurs.



VOIES DE SERVICE RELIANT UNE MINE A LA GARE D'EXPÉDITION

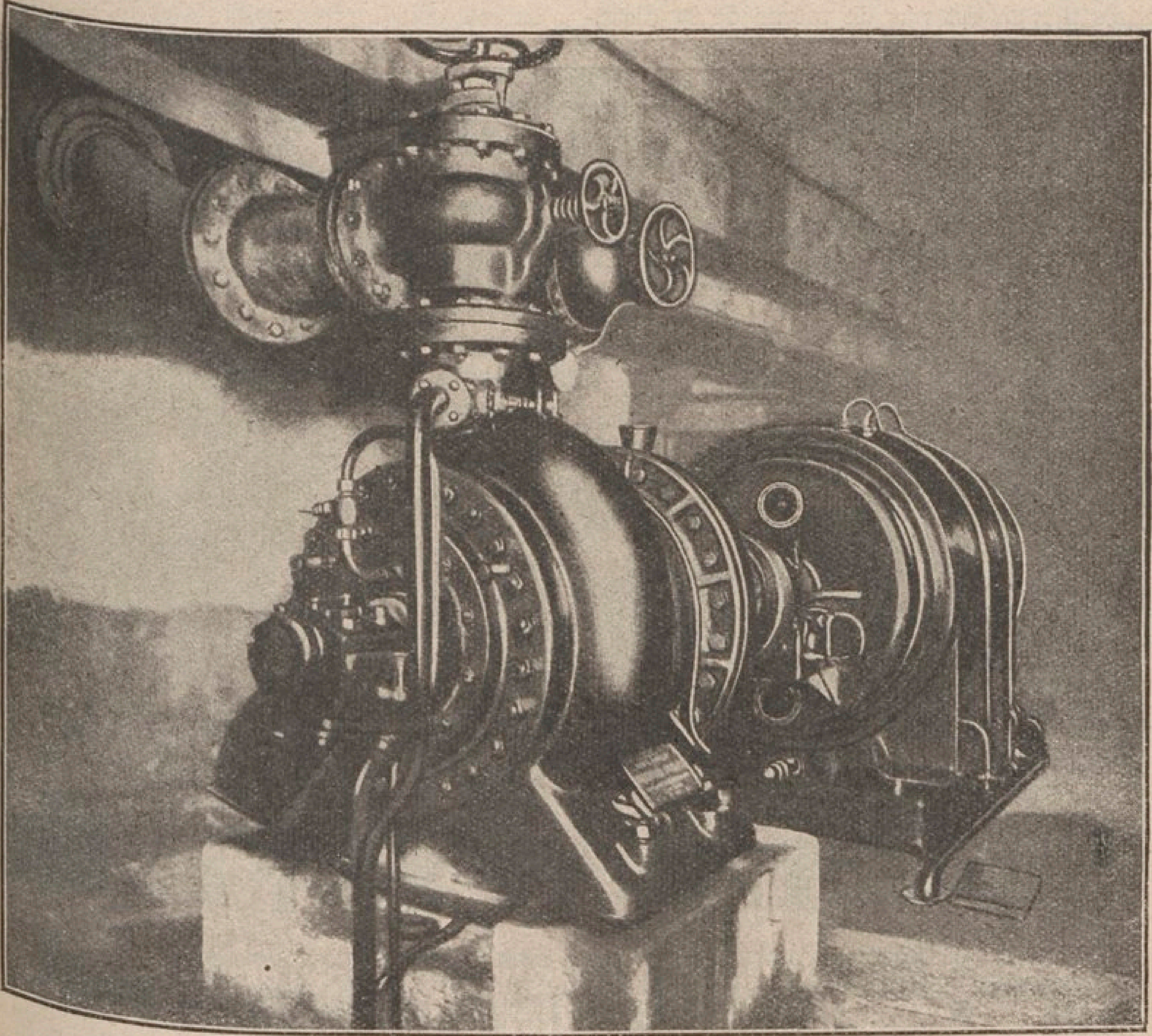
Les wagonnets, remontés par les cages d'extraction, forment des trains que des locomotives électriques minières remorquent jusqu'à la voie principale, reliée au réseau d'une compagnie de chemins de fer.



COMPRESSEUR A AIR COMPRIMÉ ACTIONNÉ PAR UNE TURBINE A VAPEUR

Malgré les progrès des applications de l'électricité dans les mines, l'emploi de l'air comprimé pour la commande des treuils rend encore aujourd'hui de très grands services et améliore la ventilation.

des roues des machines sur les rails tandis que les petites locomotives de mine à trolley sont souvent munies d'un lest en fonte. On estime que la traction électrique, sur voie d'un mètre, par locomotive pesant 5.000 kilos, ne coûte guère que la moitié de la traction animale par chevaux ou par mulets, car sur au moyen de treuils électriques souterrains. Au jour, on peut installer, entre les rails des voies reliant la recette d'un puits aux ateliers de criblage, des chaînes sans fin, à maillons plats, que des moteurs électriques font se déplacer sur des galets fixés au milieu des traverses. Ces *chaînes traînantes* remor-



TURBO-POMPE A VAPEUR DE MINE, SYSTÈME DE L'INGÉNIEUR FRANÇAIS RATEAU

Grâce à l'ingénieuse disposition des cellules imaginées par notre compatriote, ce petit groupe d'épuisement produit le même effet qu'une pompe à pistons, d'un encombrement très gênant.

les voies de surface on arrive à ne dépenser que dix à quinze centimes par tonne-kilomètre transportée. Les exploitants de mines de houille américains ont réussi à diminuer encore les dépenses de roulage en installant des ateliers souterrains pour les réparations, ce qui évite d'avoir à remonter au jour le matériel dont les détériorations justifient une visite ou une remise en état partielle.

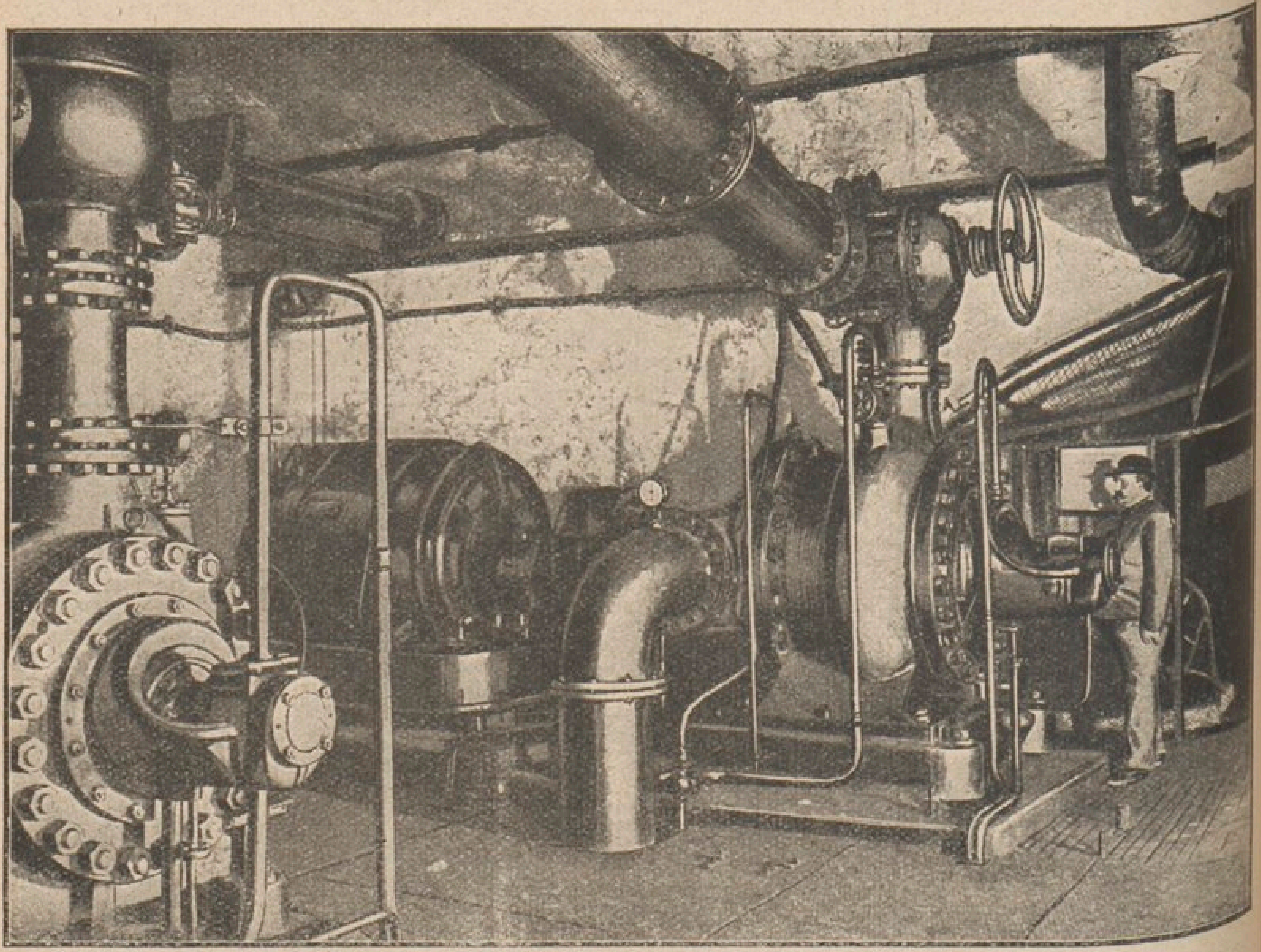
On peut aussi obtenir de bons résultats dans les galeries rectilignes en faisant hâler les trains de berlines par des câbles d'acier quent les wagonnets de houille au moyen de griffes ou « grips », que des hommes habitués à cette manœuvre, engagent ou dégagent pour obtenir à volonté la traction ou l'arrêt. On voit à combien de solutions diverses du même problème peut s'appliquer utilement le moteur électrique, soit au jour, soit au fond. Il est à supposer que les locomotives chauffées à la houille vont disparaître complètement de nos houillères du Nord et du Pas-de-Calais. Cette généralisation d'un mode de traction encore trop

peu appliqué, sera un véritable bienfait pour la santé de nos populations minières, en même temps qu'elle constituera une source importante d'économies et de bénéfices pour les exploitants des houillères.

L'éclairage électrique des divers services du jour n'offre aucune particularité spéciale mais il n'en est pas de même de la distribution générale de l'éclairage au fond qui peut présenter de nombreuses difficultés.

Les canalisations doivent être très soignées et la suspension des conducteurs, sévèrement isolés, se fait au moyen d'isolateurs en porcelaine. On peut, il est vrai, remplacer les câbles à haut isolement par des conducteurs nus qui sont très bon marché et simples à installer, mais que l'on doit loger dans des canalisations spéciales. Ces conduits étanches, en carton durci ou en amiante, avec chemises métalliques, sont imperméabilisés. On a pu ainsi réussir d'une manière parfaite des essais d'étanchéité faits au fond dans des galeries presque complètement noyées. Les câbles armés sont ainsi remplacés par des canalisations en tubes de carton comprimé armé, avec boîtes de branchement spéciales en fonte de fer.

L'éclairage individuel du mineur a également fait de grands progrès depuis que l'on emploie des lampes électriques de sûreté, soit à piles, soit à accumulateurs.



INSTALLATION D'UNE POMPE CENTRIFUGE D'ÉPUISEMENT SOUTERRAINE

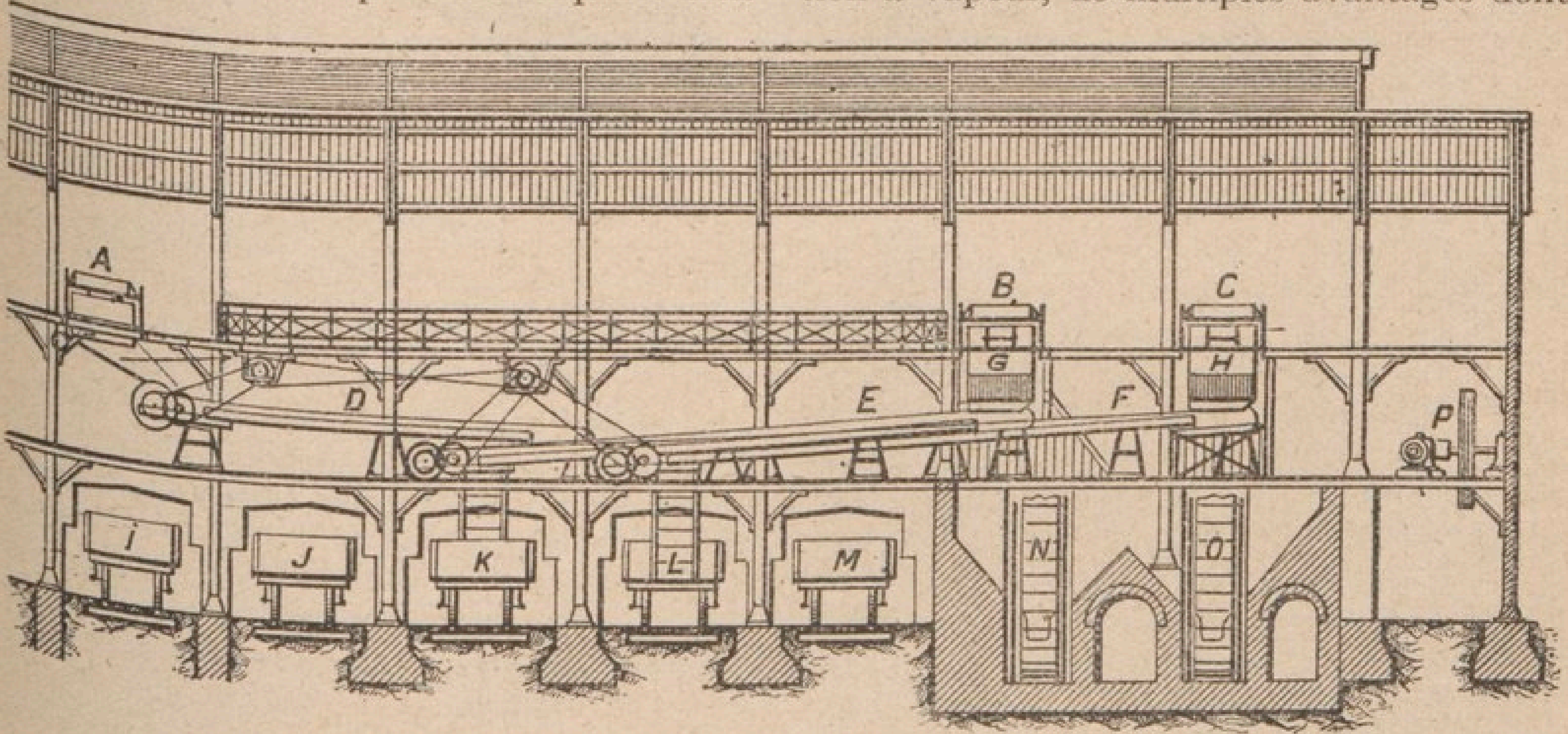
Depuis que l'emploi des turbines à vapeur et des moteurs électriques permet l'attaque directe des pompes centrifuges, on remplace partout par des groupes de ce genre les anciennes pompes à pistons, d'un aspect si lourd, mises autrefois à la mode par les constructeurs d'outre-Rhin, tels que Riedler, Rittinger et autres. On obtient ainsi des pompes souterraines puissantes n'occupant qu'un faible emplacement.

Ce dernier genre de lampe qui semble être supérieur grâce à sa durée et à la simplicité de sa manipulation, comporte la lampe proprement dite avec un commutateur et un dispositif de protection. La lampe à batterie sèche avec électrolyte immobilisé, est aujourd'hui plus employée que celle à batterie humide, car on obtient ainsi un éclairage supérieur, bien que les accumulateurs de ce système aient une capacité relativement faible. Les lampes à électrodes, en plomb spongieux, supportées par des cadres de plomb antimonieux, donnent des résultats extrêmement satisfaisants ; elles pèsent de 1 kil. 500 à 2 kil. 700.

avec un pouvoir éclairant d'environ une bougie pendant douze heures.

Le problème de l'extraction, c'est-à-dire de la remonte des cages pleines de berlines remplies de charbon, est très important à résoudre en matière d'exploitation des mines. Autrefois, les machines commandant les tambours sur lesquels s'enroulent les câbles d'extraction, étaient exclusivement à vapeur et atteignaient couramment des puissances de 1.200 chevaux. L'expérience acquise dans câbles et à leur mode d'enroulement, ainsi qu'à l'accélération des diverses masses. La machine d'extraction doit rigoureusement être prévue pour la puissance maximum qui correspond à la période d'accélération, tandis que, pendant la période de régime, la puissance est constante, le seul travail à effectuer étant le levage de la charge.

La commande électrique présente, par rapport à l'emploi des machines d'extraction à vapeur, de multiples avantages dont



COUPE LONGITUDINALE D'UN ATELIER DE TRIAGE DE HOUILLE

On suppose que l'on veuille trier les charbons provenant de deux puits différents P *pour constituer par voie de recomposition des qualités commerciales. La houille venant des puits* P, *est amenée aux culbuteurs* B C *puis versée doucement sur des grilles à barreaux tournants et oscillants* G H. *Le culbuteur* A *reçoit le charbon tout-venant, qu'on épure à la main sur la courroie de triage* D, *sans criblage préalable, et qui est chargé dans les wagons de la voie* K. *Le refus des grilles* G H, *qui glisse sur les courroies de triage* E F, *est ensuite chargé dans les wagons des voies* L M. *Les chaînes à godets* N O *relèvent le poussier tombant des grilles* G H *pour le distribuer dans des cylindres ou trommels tamiseurs.*

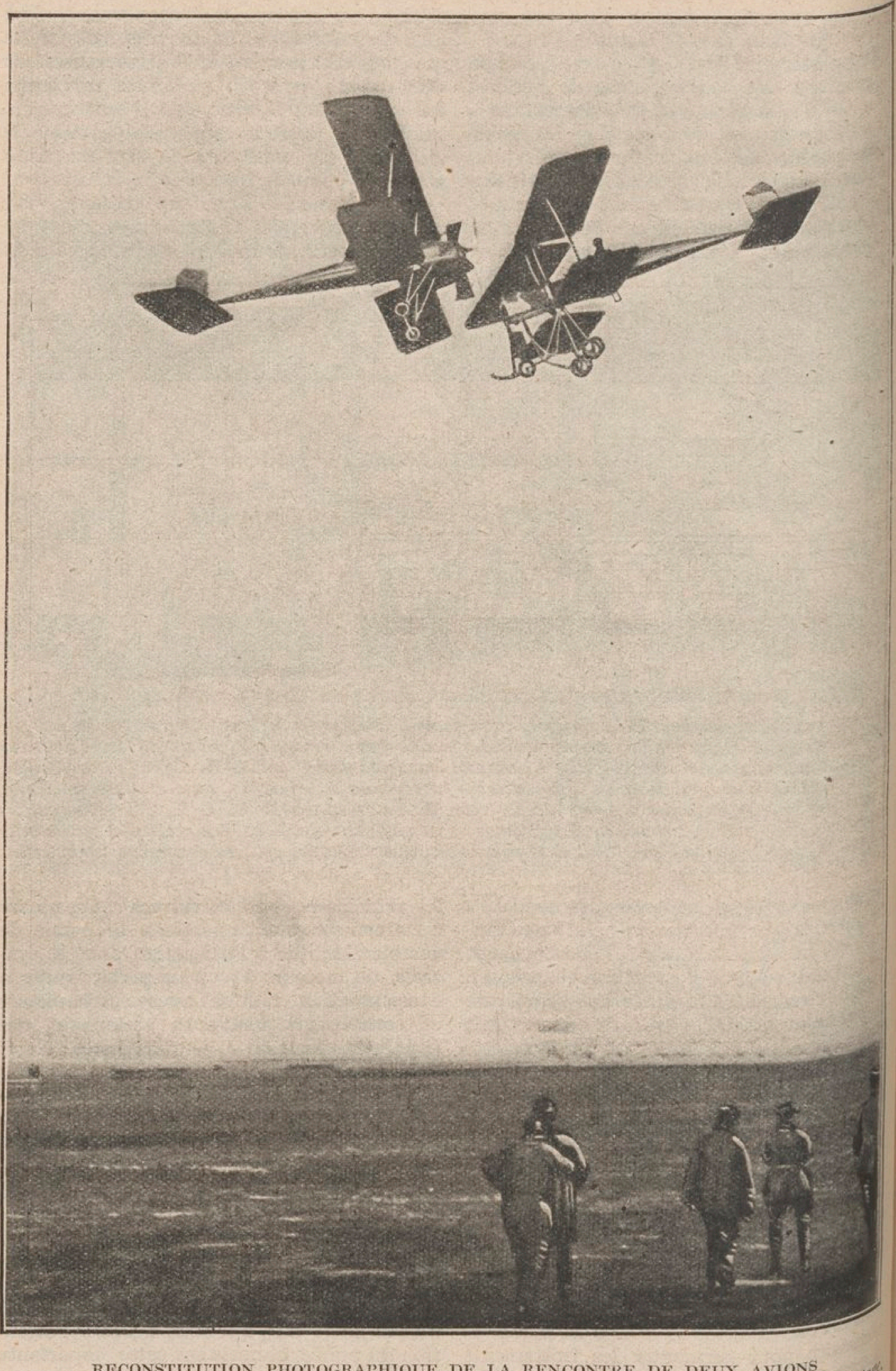
l'équipement électrique des treuils secondaires des galeries a permis de réunir peu à peu toutes les données nécessaires à l'établissement de fortes machines d'extraction électriques.

Si l'on considère la durée que représente la cordée ou le trait, c'est-à-dire la remonte d'une cage depuis le fond jusqu'à la recette du jour, on constate qu'elle comporte quatre phases nettement distinctes à savoir : l'accélération, le régime, le ralentissement dû au freinage, la période d'arrêt ou pause. Pendant les trois premiers temps, la vitesse moyenne varie de 10 à 15 mètres par seconde tandis que la pause, ou arrêt à la recette, dure de vingt à vingt-cinq secondes.

Pour calculer la puissance absorbée pendant la période d'accélération, on considère successivement le travail utile correspondant à l'élévation de la charge et le travail nécessaire pour surmonter les frottements dus au guidonnage, au puits, à la nature des

les principaux sont les suivants. On réalise certainement une importante économie de combustible due à l'utilisation, dans la centrale, de moteurs à vapeur perfectionnés à consommation réduite avec surchauffeurs et condenseurs modernes actionnant des appareils électriques à rendement élevé. Les centrales qui alimentent à la fois plusieurs sièges d'extraction, pourvus de services auxiliaires importants, sont situées à proximité de hauts fourneaux et de fours à coke dont elles utilisent les chaleurs perdues. On simplifie la machinerie des appareils de remonte et les chaudières sont supprimées de même que de nombreux accessoires. Nous ne pouvons pas nous étendre plus longuement ici sur ce sujet, qui exigerait beaucoup de développements. Nous pensons avoir atteint notre but, qui était d'attirer l'attention du public français sur cette importante question.

CH. LORDIER



RECONSTITUTION PHOTOGRAPHIQUE DE LA RENCONTRE DE DEUX AVIONS

Jusqu'à présent, ces accidents, assez rares, ne se sont guère produits que dans les écoles de pilotage.

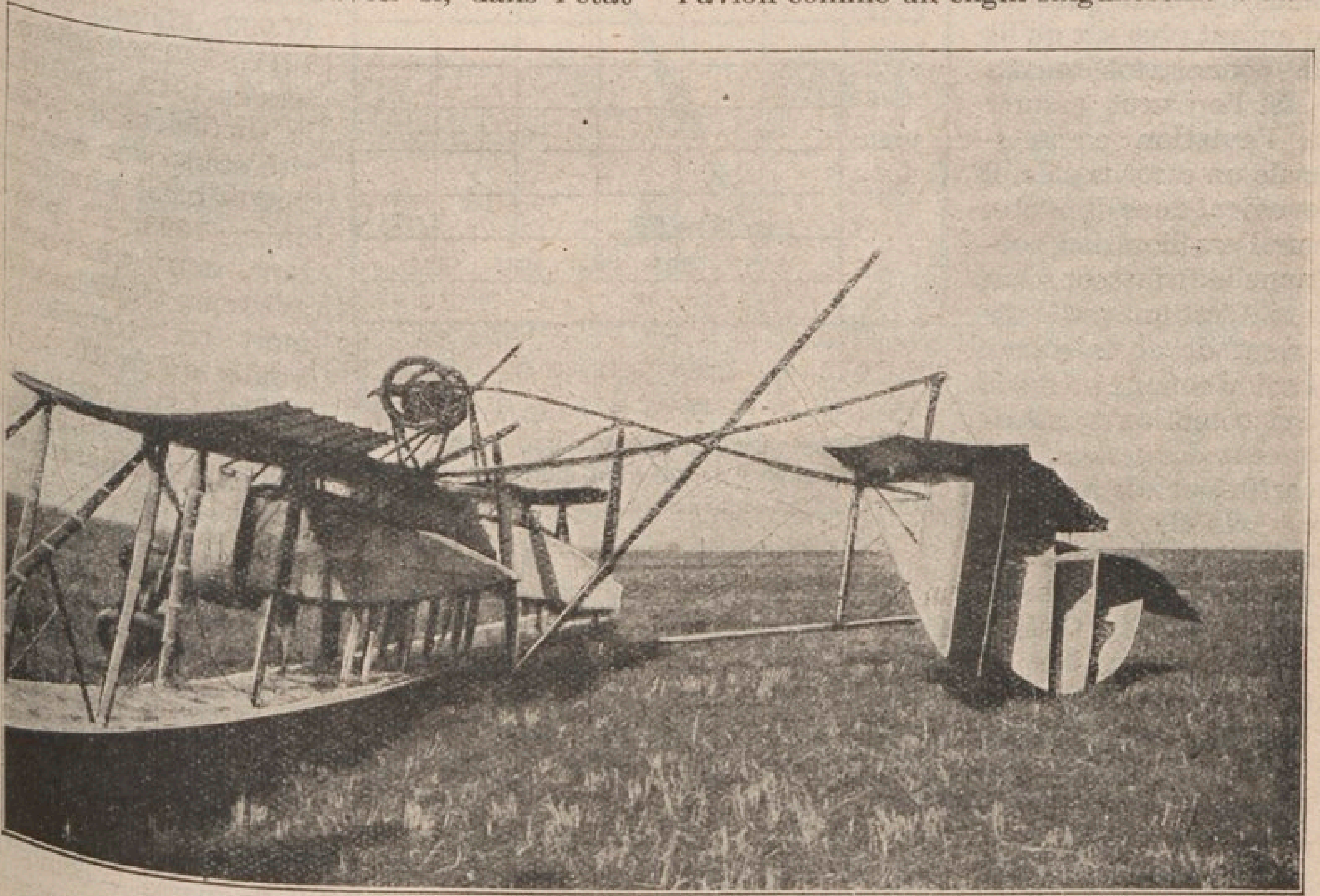
LES ACCIDENTS D'AVIATION ET L'AVENIR DES AÉROPLANES DE TRANSPORT

Par Georges HOUARD

La possibilité de réaliser pratiquement, par la voie aérienne, le transport des passagers d'une capitale à une autre, ne peut plus être mise en doute. Les raids heureusement accomplis par des appareils géants, tels que le *Goliath* Farman, transportant de dix à vingt passagers à la fois, permettent d'envisager pour un temps prochain l'organisation de services aériens réguliers destinés à relier Paris et les autres grandes villes de l'Europe occidentale.

L'emploi de l'aéroplane présente des avantages incontestables et l'on ne voit pas quels obstacles pourraient s'opposer, à présent, à l'établissement des lignes aériennes projetées. Il reste cependant à savoir si, dans l'état actuel de l'aviation, les voyageurs se présenteront en nombre suffisant aux aérodromes de départ pour assurer à l'exploitation un rendement rémunérateur. Le prix d'un voyage en avion sera sensiblement plus coûteux que celui d'un voyage en chemin de fer ou en bateau, mais l'économie de temps réalisée sera si grande qu'elle compensera largement l'excédent de dépense. Ce n'est donc pas la question de prix qui peut s'opposer au développement des transports aériens, mais bien la question de sécurité.

Le public, qui applaudit sans réserve aux exploits de nos aviateurs, qui admire leur courage et leur témérité, considère encore l'avion comme un engin singulièrement dan-



CET APPAREIL EST TRÈS ENDOMMAGÉ, MAIS SON PILOTE FUT SAIN ET SAUF

Les avions à moteur avant, comme celui qui est représenté ici, offrent moins de danger que les autres parce que si le moteur vient à se détacher, il ne risque pas de tomber sur le pilote et de l'écraser.

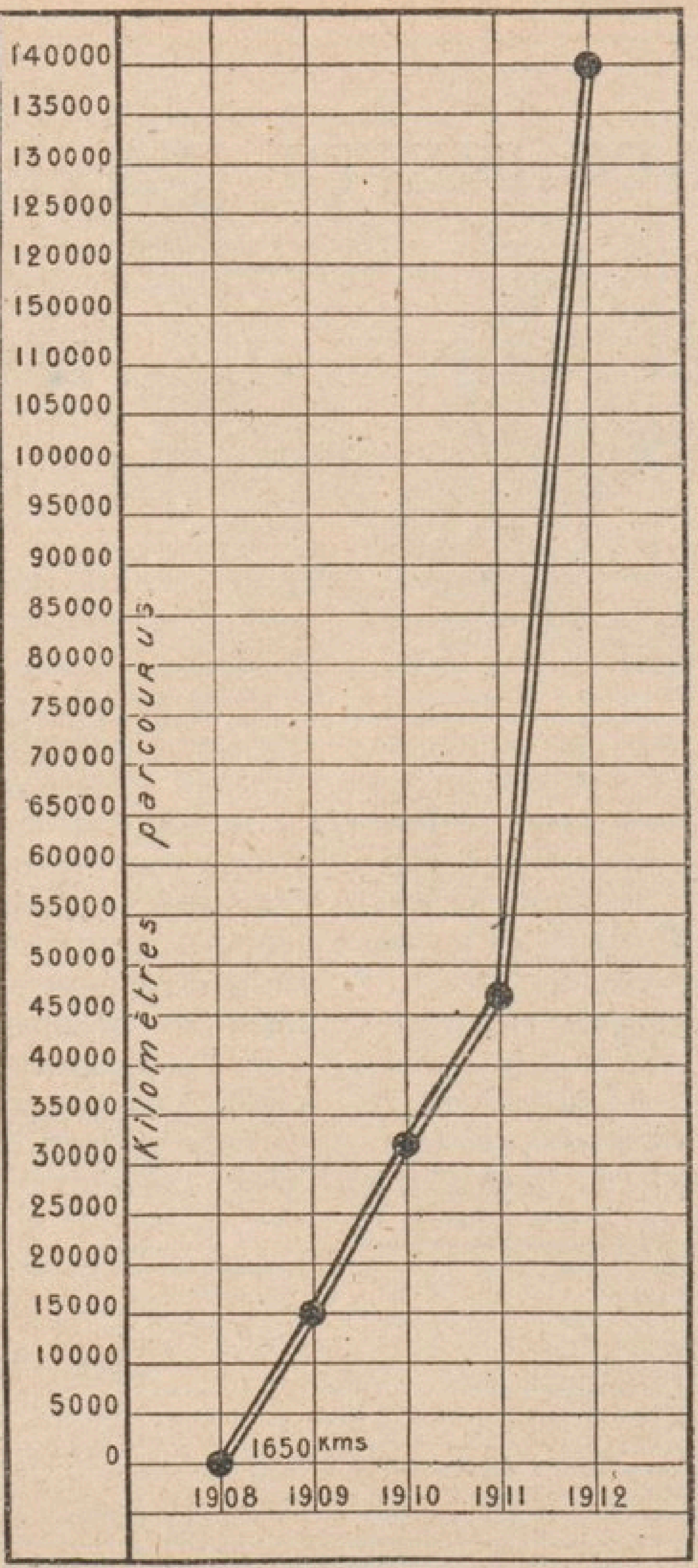
gereux. On ne peut nier que bien des voyageurs hésiteront à monter en aérobus s'ils n'ont pas l'impression très nette que leur sécurité est assurée d'une façon certaine. Il ne faut pas oublier que ceux qui prirent le chemin de fer pour la première fois ne grimpèrent dans leur wagon qu'en tremblant ; à plus forte raison, une certaine appréhension du danger se manifestera-t-elle parmi les néophytes du voyage aérien lorsqu'ils prendront place dans la cabine de l'aérobus. Beaucoup y regarderont à deux fois avant de se confier à celui-ci et, au risque de manquer une affaire importante, préféreront recourir à un mode de locomotion infiniment plus lent mais qui leur paraîtra d'autant plus sûr qu'ils le connaissent mieux.

Si l'on veut assurer à l'aviation commerciale un essor rapide, il convient donc d'insister sur l'amélioration continuelle du facteur sécurité. C'est une profonde erreur de considérer l'avion comme un mode de locomotion essentiellement dangereux. Son coefficient de sécurité est très élevé à l'heure actuelle et, avant dix ans peut-être, il sera supérieur à celui du chemin de fer. C'est un fait reconnu que la modernisation des moyens de locomotion correspond à une diminution sensible du nombre des accidents. L'antique diligence faisait un nombre plus considérable de victimes que le chemin de fer et l'automobile.

La longue liste des victimes de l'aviation ne saurait modifier cette prévision optimiste. L'aviation était d'une pratique infiniment plus dangereuse en 1908 qu'en 1918, et cependant des centaines d'aviateurs sont morts accidentellement l'année dernière. Pour se faire une opinion raisonnable sur l'état actuel de l'aviation, au point de vue de la sécurité, il faut mettre en parallèle, d'une part le nombre des accidents mortels survenus au cours de l'année considérée, d'autre part, le nombre de kilomètres parcourus ou la quantité d'heures de vol accomplies, pendant cette même année.

Quelques mois avant la guerre, M. Painlevé a publié une intéressante statistique qui montre combien le rapport des accidents au nombre de kilomètres parcourus a diminué d'année en année. Il y eut *un accident mortel* pour 1.650 kilomètres de vol en 1908, de 15.000 kilomètres de vol en 1909 ; 33.000 kilomètres en 1910 ; 47.000 kilomètres en 1911 ; 140.000 kilomètres en 1912. En 1912, le coefficient de sécurité était donc quatre-vingt-dix fois plus élevé qu'en 1908. Et pourtant, cent quarante aviateurs trouvèrent la mort cette année-là, tandis qu'en 1908, un seul se tua. Il convient d'ajouter que le nombre de kilomètres parcourus en plein vol est également passé de 1.600 kilomètres à près de 20 millions de kilomètres.

Le nombre des pilotes a considérablement augmenté, la distance parcourue s'est accrue dans une proportion énorme et, par contre, le pourcentage des accidents mortels a très sensiblement baissé. Depuis 1912, plusieurs milliers d'aviateurs — français, alliés et ennemis — se sont tués, mais les heures de vol sont si nombreuses, qu'en déduisant les chutes dues à l'état de guerre — combats aériens et tirs contre avion — on constate, par l'examen des chiffres, une diminution très appréciable des risques d'accident.



EN 1912, LE COEFFICIENT DE SÉCURITÉ ÉTAIT 90 FOIS PLUS ÉLEVÉ QU'EN 1908

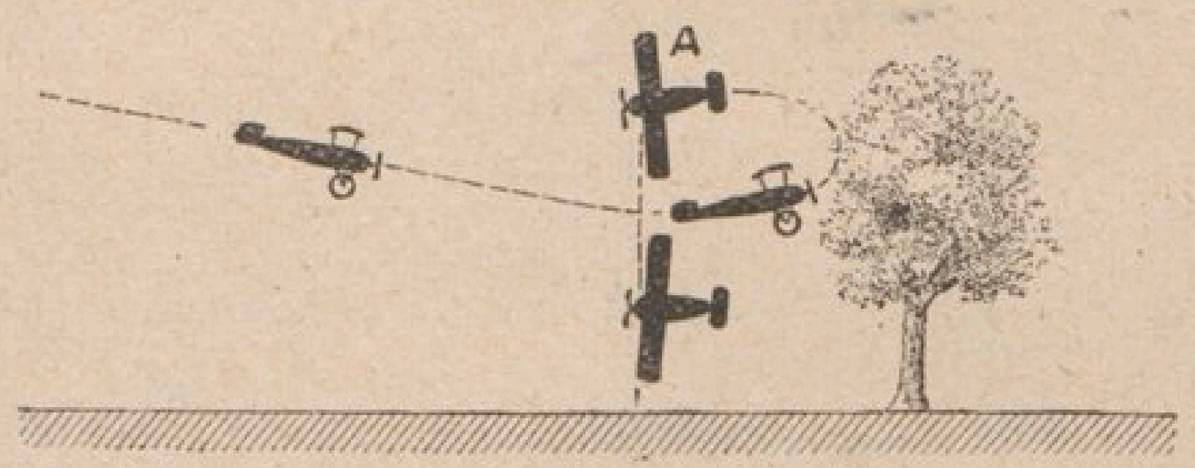
En 1908, on enregistrait une chute mortelle pour 1.650 kilomètres de vol ; en 1912, on comptait seulement un accident pour 140.000 kilomètres.

Les causes d'accidents appartiennent à différents ordres, mais quelles que soient ces causes, on peut les supprimer. Les accidents survenus en ces dernières années sont dus, soit à un défaut de construction, soit à une faute de pilotage. Très fréquentes aux premières heures de l'aviation, les chutes imputables à un vice de construction sont heureusement de plus en plus rares. L'industrie aéronautique est sortie de la période des essais et les machines actuelles ne sont plus construites, comme par le passé, au moyen de matériaux rudimentaires qui, le plus souvent, présentaient une résistance nettement insuffisante.

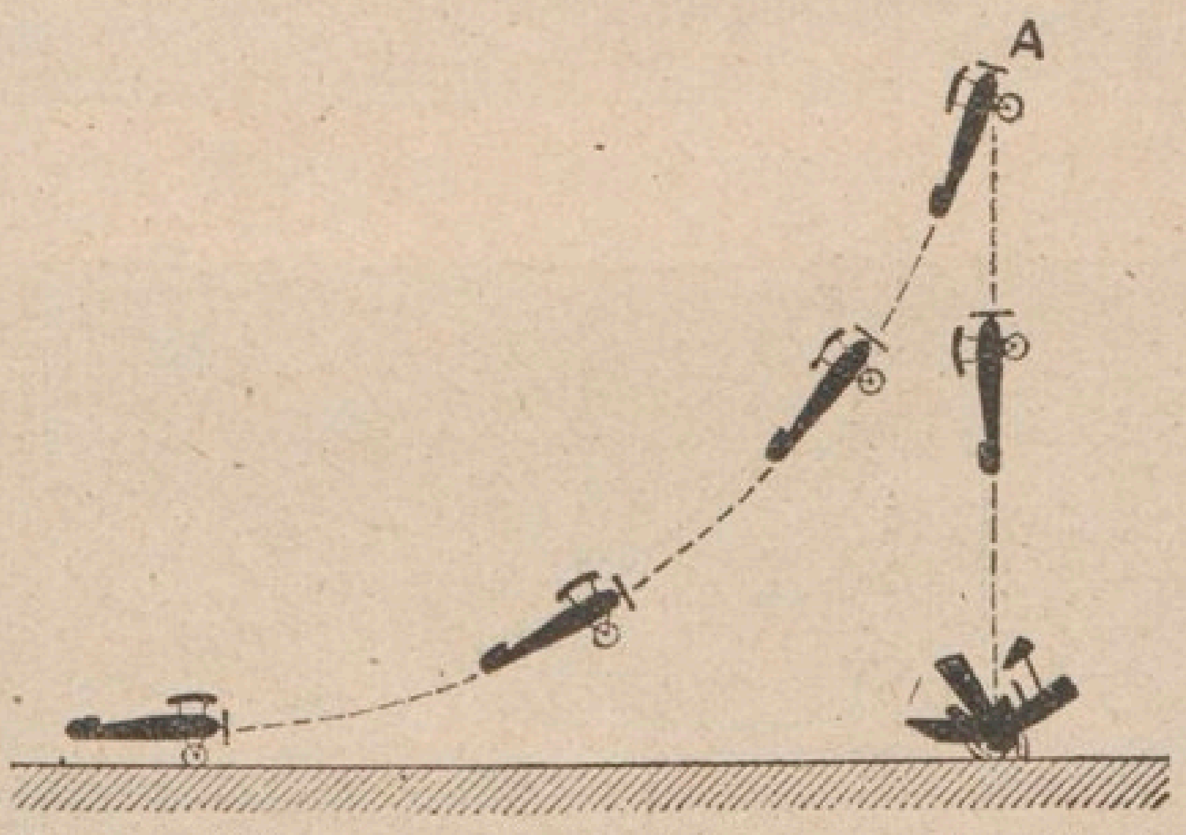
Quant aux fautes de pilotage, il est facile, en principe, de les éviter. Elles sont surtout fréquentes chez les aviateurs qui conduisent des appareils extrêmement rapides et qui exécutent mal une acrobatie hardie. Puisque nous envisageons la question de sécurité au point de vue du transport commercial, il faut convenir que les grands avions utilisés dans ce but ne se prêtent pas aux manœuvres acrobatiques et que, par conséquent, leur pilote n'aura jamais à les exécuter. La conduite de ces avions est, sinon automatique, du moins infiniment plus simple que celle des appareils de chasse et, de ce fait, les risques d'accidents imputables à une faute de pilotage sont réduits au minimum.

On peut comparer l'avion de chasse à une automobile de course et l'avion de transport à un autobus. Si l'emploi de l'automobile de course présente de sérieux risques, l'usage de l'autobus, par contre, est de toute sécurité ; la première nécessite parfois l'exécution de mille acrobaties audacieuses, tandis que le second n'exige de son conducteur qu'une virtuosité tout à fait relative.

DEUX ACCIDENTS MORTELS PROVOQUÉS PAR UNE FAUTE DE PILOTAGE



Pour éviter l'obstacle, le pilote accomplit un virage sur place. Dans la position A, le moteur s'arrête et l'avion, trop bas pour être redressé, glisse sur l'aile et tombe.

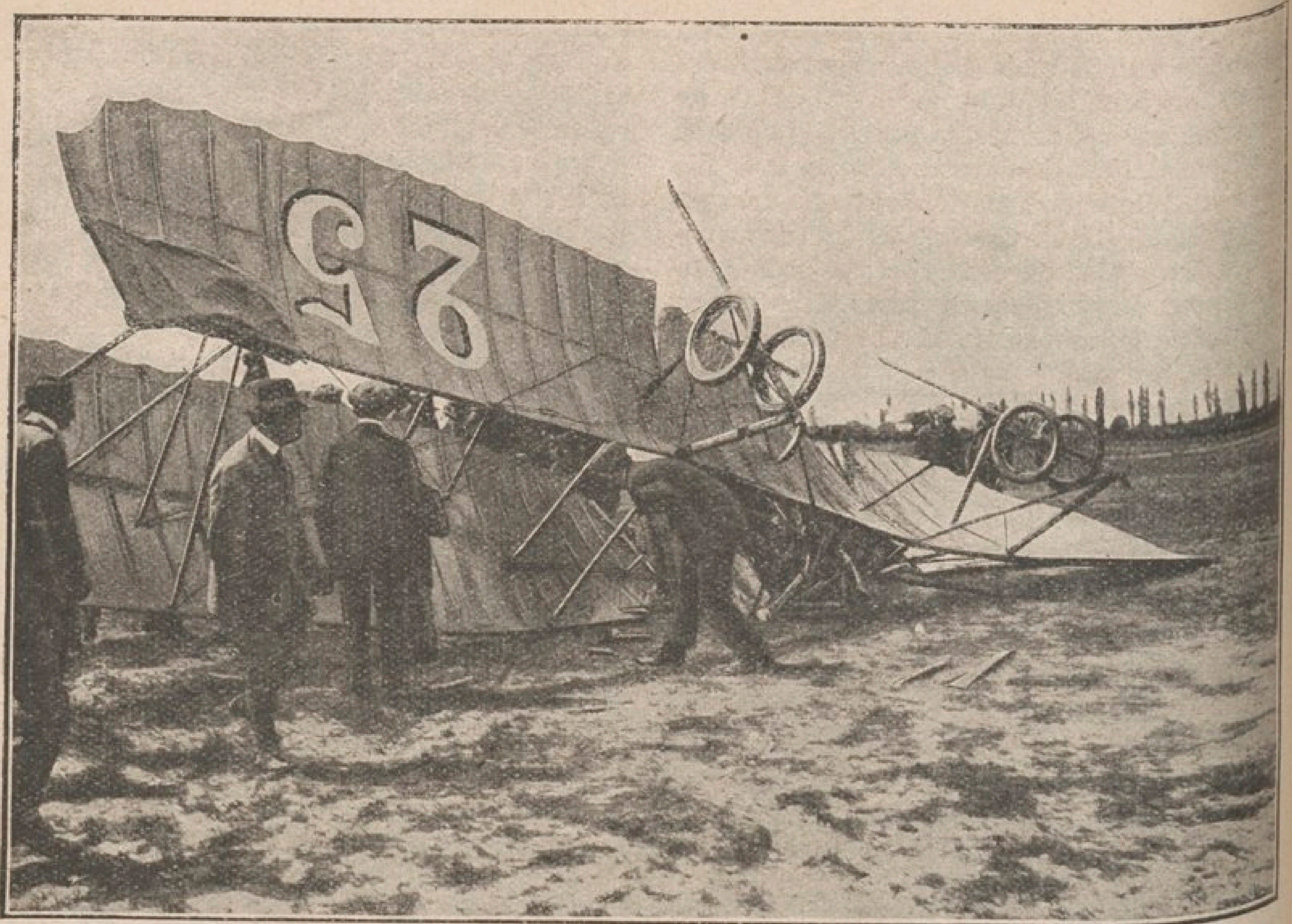


L'avion s'élève sous un angle trop prononcé; en A, les ailes ne portent plus suffisamment, et, s'il survient une panne de moteur, l'appareil retombe sur la queue sans qu'il soit possible au pilote d'enrayer la chute.

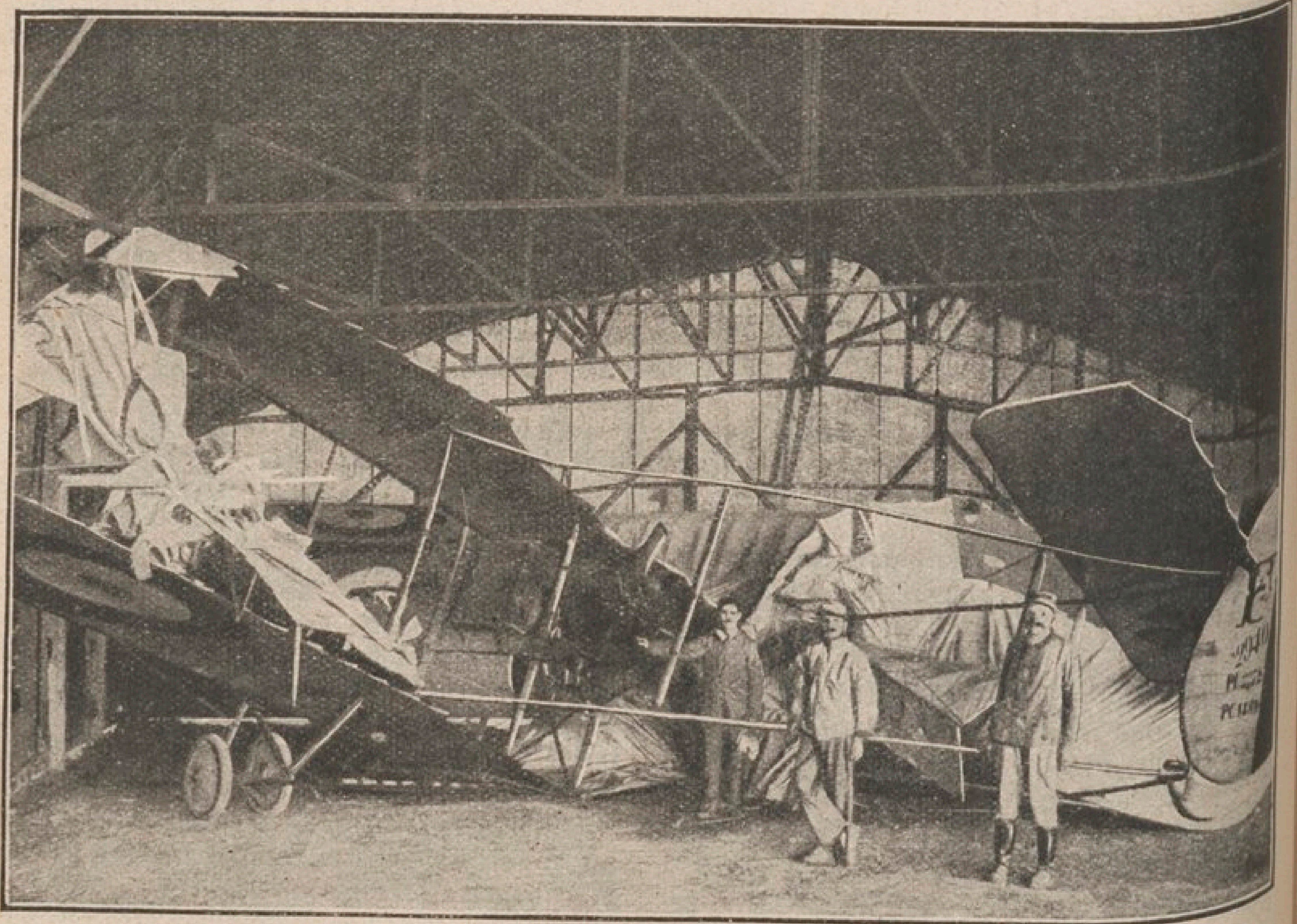
Mais si l'aviation est actuellement d'une pratique moins dangereuse qu'il y a dix ans, on le doit surtout à l'amélioration des méthodes de construction, à une disposition meilleure des différents organes de l'avion, à une connaissance plus précise des lois de l'aérodynamique, des conditions de vol et d'atterrissage. En procédant à l'étude comparée des aéroplanes de 1912 et de ceux de 1919, on constate qu'il a été remédié aux principaux défauts de principe ou de réalisation qui provoquèrent la plupart des accidents survenus avant la guerre, de sorte que leur répétition est improbable, pour ne pas dire pratiquement impossible, avec les appareils de transport gigantesques que l'on utilise aujourd'hui.

Une cause d'accident particulièrement saisissante est la rupture des ailes de l'aéroplane. Cette rupture, très fréquente autrefois, ne se produit plus depuis l'abandon des monoplans à grande envergure. L'adoption presque générale des avions à deux et trois plans porteurs a permis de renforcer considérablement la résistance des ailes, puisque celles-ci forment, à présent, une véritable poutre armée d'une très grande rigidité, absolument indéformable et *indislocable.*

On pourrait citer de nombreux exemples où la chute de l'aviateur fut provoquée par la rupture des ailes de son avion. Celui-ci, descendant sous une inclinaison très prononcée, était trop brusquement redressé au moment de l'atterrissage et les ailes n'ayant



ACCIDENT D'ATTERRISSAGE SURVENU AU COURS D'UNE ÉPREUVE D'AVIATION



CET APPAREIL, UN BIPLAN, EST ENTRÉ A TOUTE VITESSE DANS UN HANGAR
Pour une cause qui ne fut jamais établie, le moteur ne s'était pas arrêté à la commande du pilote.

pas une solidité suffisante pour résister à la pression de l'air qui s'exerçait sur elles, se cassaient irrémédiablement. Cette cassure était souvent provoquée soit par la rupture ou l'allongement des *haubans*, soit par un *gauchissement* trop souvent répété qui, à la longue, disloquait les assemblages de la charpente, fatiguait les longerons et prédisposait l'aile à céder. On a remédié radicalement à ces défauts extrêmement graves, puisqu'ils avaient pour conséquence le risque d'une chute toujours mortelle, d'abord en adoptant les avions à plans multiples, ensuite en généralisant l'emploi des ailerons dont le fonctionnement est autrement mécanique que celui du gauchissement.

Bien des accidents étaient dus également à la rupture d'un câble de commande. L'avion évoluait très normalement, le moteur tournait sans le moindre raté, et, soudain, sans cause apparente, l'appareil s'effondrait sur le sol. On ouvrait une enquête, tous les organes de l'avion étaient minutieusement examinés par des spécialistes qui, parmi l'enchevêtrement de bois, de toile et de métal, découvraient un câble rompu. Fatigué par un long usage, présentant peut-être un défaut de fabrication, ce câble s'était brisé et les gouvernails n'avaient pu répondre à la commande du pilote. Or, on sait qu'un avion qui n'est plus commandé ne conserve pas longtemps son équilibre et ne tarde pas à tomber.

UNE CHUTE MORTELLE EN 1912

Les monoplans n'avaient pas la résistance des biplans actuels ; leurs ailes se brisaient parfois, n'ayant pas une solidité suffisante pour subir la pression considérable qui s'exerçait sur leurs surfaces.

Le danger présenté par la rupture des câbles de commande est d'autant plus grand qu'on ne s'aperçoit pas toujours de l'usure de ce câble. Des fils intérieurs peuvent être brisés sans qu'extérieurement le câble présente un aspect anormal. La cassure successive de plusieurs fils réduit suffisamment la résistance de l'ensemble pour amener la rupture du câble tout entier, si l'appareil vient à être soumis à un travail plus intense que de coutume.

Le remède était simple et n'a pas tardé à être trouvé et appliqué ; tous les avions sont maintenant pourvus d'un *double câble de commande*, de sorte que si l'un vient à se casser, l'autre permet toujours au pilote de maintenir le contrôle de son appareil. Les accidents provoqués par la rupture d'un câble ne sont donc plus possibles aujourd'hui, tout au moins en service normal, car, pendant la guerre, il est arrivé qu'un éclat d'obus a brisé les deux câbles à la fois.

En aviation, le vol proprement dit, à grande hauteur, est la phase la moins dangereuse de la manœuvre. Plus on est haut, moins on risque. Par contre, un atterrissage

manqué peut avoir des conséquences déplorables et le plus souvent désastreuses.

Aux premières heures de l'aviation, où la question de poids était plus importante qu'à présent, les avions étaient généralement pourvus d'un châssis insuffisamment robuste pour résister efficacement aux chocs d'un atterrissage un peu brusque. Aussi, un appareil qui, en plein vol, avait une tenue très satisfaisante, s'effondrait-il lamentablement dès qu'il prenait durement contact avec le sol.

Les accidents d'atterrissage peuvent être plus ou moins graves; quelquefois, les aviateurs qui en sont victimes s'en tirent indemnes ; parfois, ils trouvent la mort dans un accident qui paraît d'autant plus stupide qu'il n'y a pas eu de chute à proprement parler.

On peut classifier les accidents d'atterrissage de la façon suivante :

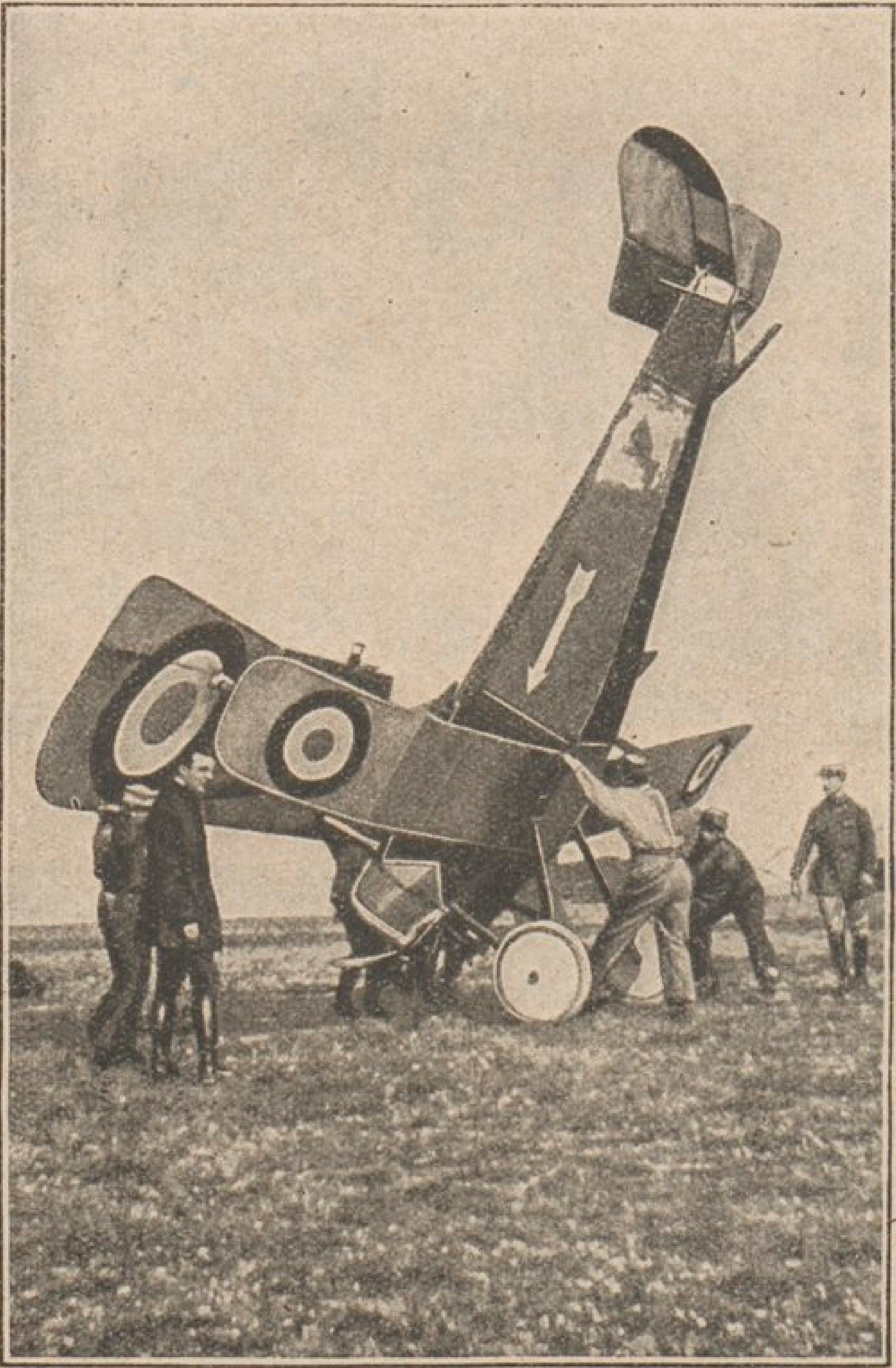
Accident provoqué par le bris du châssis ;

Accident provoqué par la nature accidentée du terrain (chemins encaissés, fossés, bois) ;

Accident provoqué par une faute de pilotage (fausse manœuvre en abordant le sol).

Les châssis d'atterrissage ont été considérablement perfectionnés et leur résistance est à présent proportionnée aux plus grands efforts qu'ils ont à subir. Un aéroplane peut donc venir se poser sur un terrain très accidenté sans que l'aviateur ait à redouter, comme autrefois, la rupture de son châssis.

Cependant, le risque de capotage reste toujours possible, mais le capotage n'est réellement dangereux que si le moteur vient à se détacher de son support. La position défectueuse du moteur peut, en effet, aggraver les conséquences d'un accident d'atterrissage ; les appareils à moteur arrière, notamment, présentent plus de danger que les autres parce que si l'avion capote, le moteur, sous le choc, peut tomber sur le pilote et l'écraser. C'est une des raisons pour lesquelles la plupart des avions actuels sont pourvus de moteurs placés à l'avant. Le risque de capotage est d'ailleurs assez faible avec les grands avions de transport, parce que ces appareils sont moins sujets que les autres à des pannes fortuites qui les obligeraient à venir se poser sur un terrain quelconque. Ils atterriront toujours sur des aérodromes spécialement aménagés pour les recevoir, où la manœuvre d'atterrissage sera relativement facile. Les accidents d'atterrissage qui se sont produits avant et pendant la guerre étaient imputables, le plus souvent, à une connaissance insuffisante de la nature du terrain ou à la brume, qui dissimulait celui-ci à la vue du pilote. Enfin, il ne faut pas oublier que les accidents d'atterrissage sont généralement d'autant plus graves que la



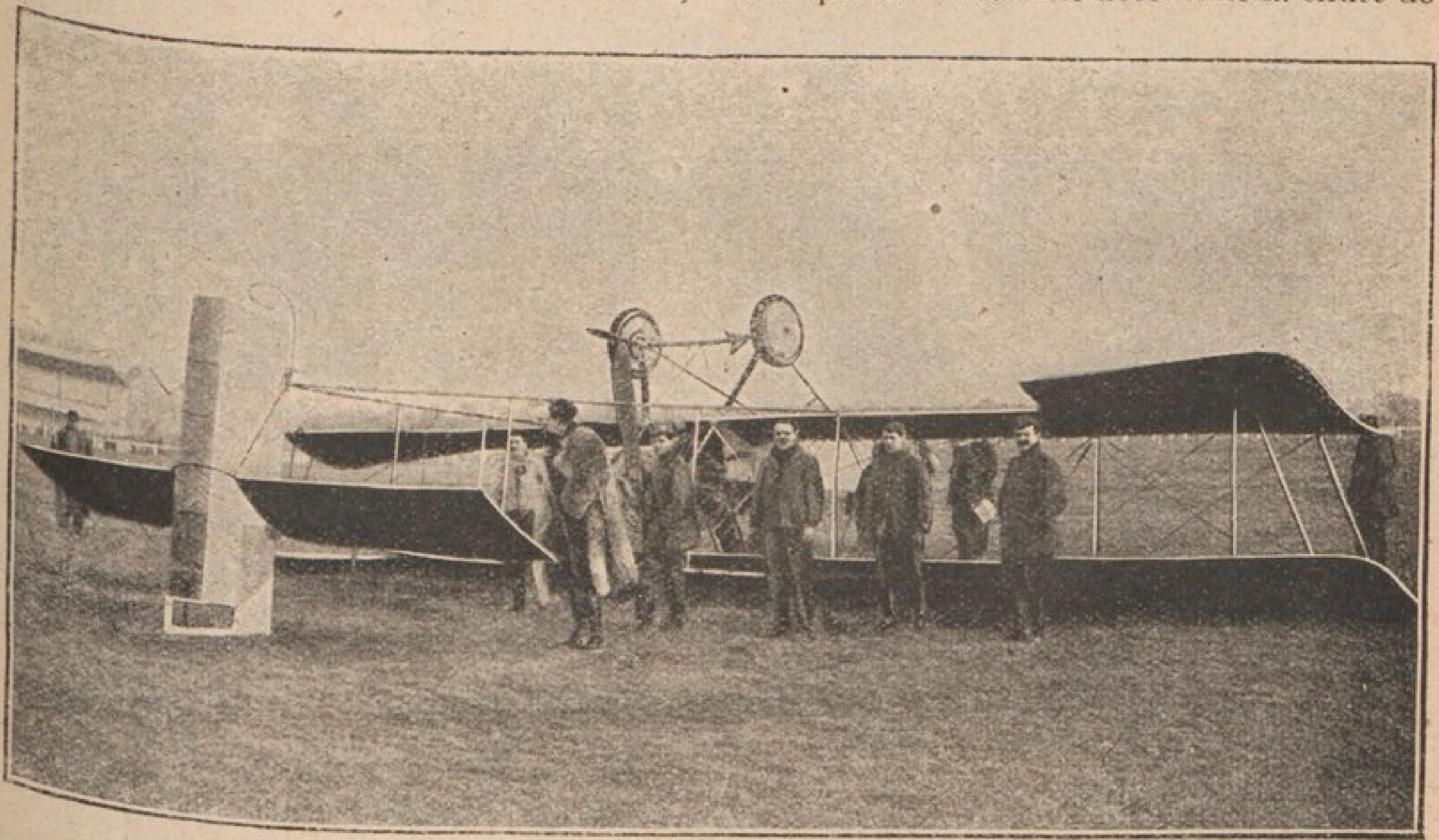
ON REDRESSE UN NIEUPORT QUI A FACHEUSEMENT CAPOTÉ A L'ATTERRISSAGE

Tous les accidents d'aviation ne sont pas graves. Témoin celui-ci duquel le pilote est sorti indemne, et qui n'a même causé aucun dommage à l'appareil.

vitesse de l'avion est plus grande ; il est beaucoup plus facile d'atterrir correctement avec un avion relativement lent qu'avec un appareil de chasse dont la vitesse est supérieure à 200 kilomètres à l'heure.

L'incendie de l'appareil est un accident fort grave qui pourrait également effrayer les futurs voyageurs de l'air si nous ne leur assurions qu'il est fort improbable avec les grands appareils actuels. Pour éviter l'incendie, en cas de capotage, il suffit au pilote de toujours couper l'allumage au moment où il s'apprête à atterrir. Dans ces conditions, quent beaucoup plus résistants, et les pourvoir d'une suspension bien plus rationnelle. Les canalisations sont également mieux étudiées que par le passé ; de plus, les moteurs actuels n'étant plus soumis à de fortes vibrations, ces canalisations sont mises à l'abri d'une brusque rupture, accident fréquent autrefois et qui, trop souvent, entraînait promptement l'inflammation de l'essence et l'embrasement de l'avion tout entier.

Les accidents de moteur n'ont que rarement de graves conséquences, car l'arrêt brusque du moteur ne détermine la chute de

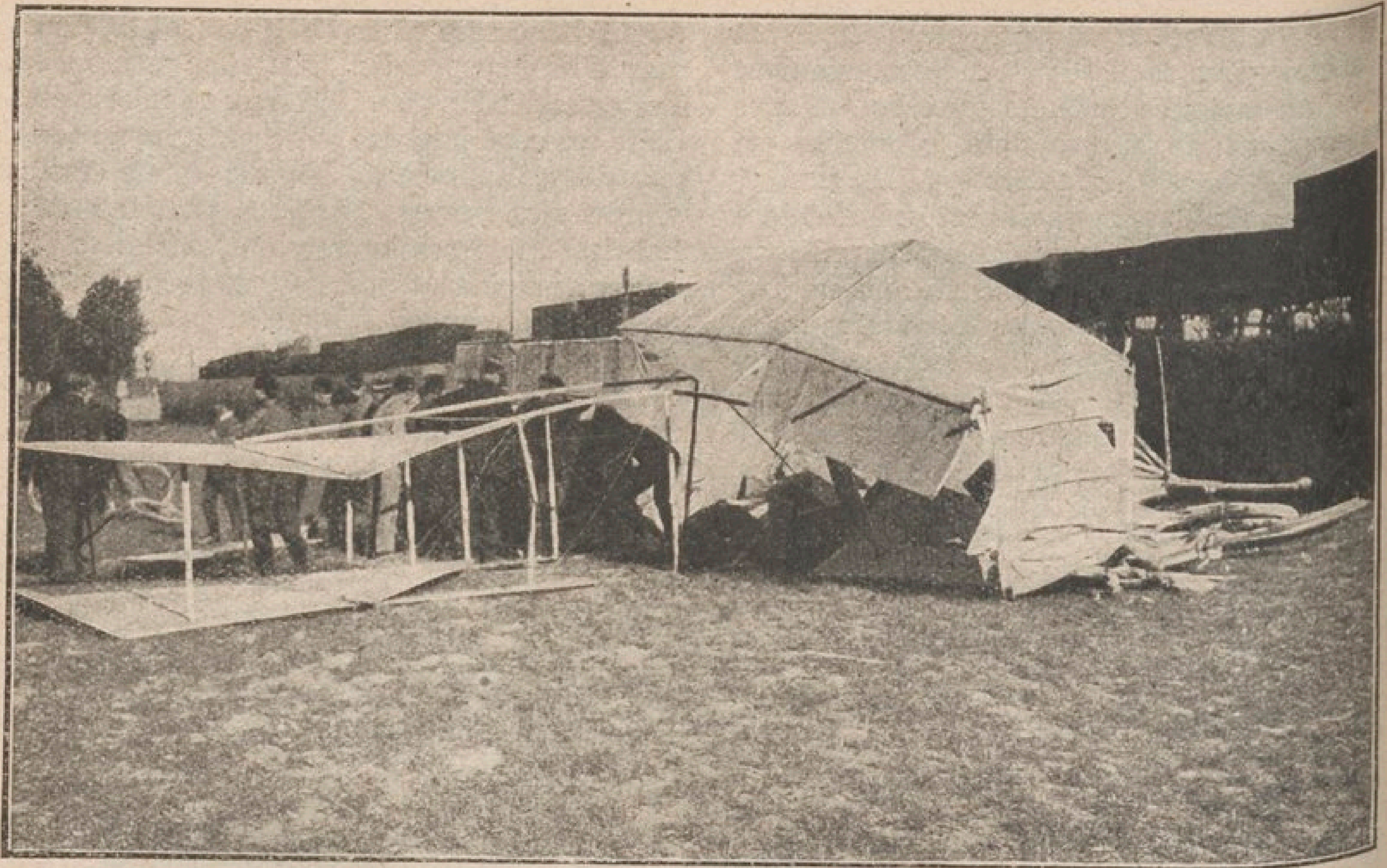


CET AVION A ATTERRI LES ROUES EN L'AIR, SANS LE MOINDRE DOMMAGE

Cette photographie représente un autre modèle d'avion que celui qui figure sur la précédente ; ayant subi un accident d'atterrissage, l'appareil n'en resta pas moins intact.

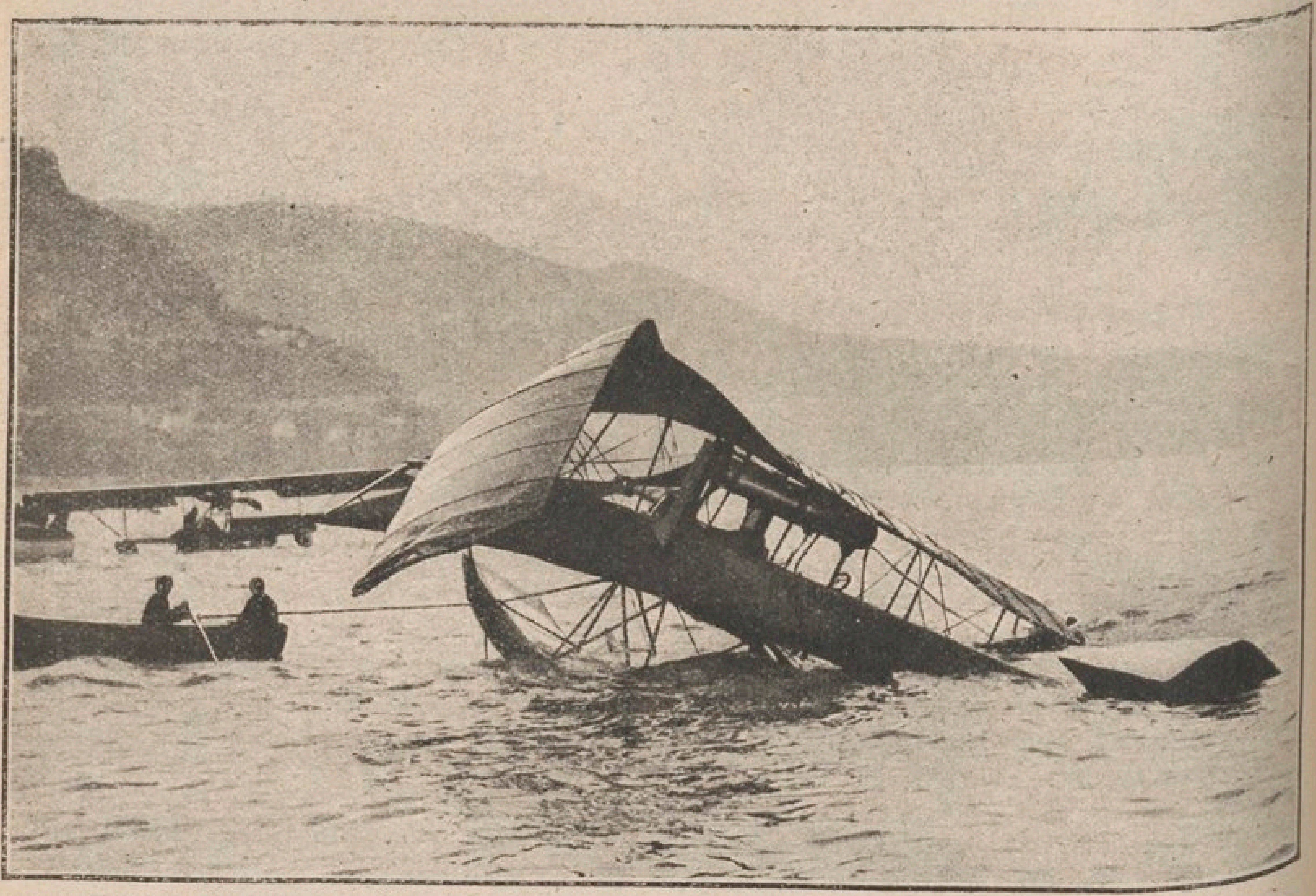
en admettant que l'avion se retourne et que, sous le choc, les réservoirs soient défoncés, l'essence ne pourra jamais s'enflammer. Quant au risque d'incendie en plein vol, on y a remédié très efficacement aussi bien par la suppression des soupapes automatiques, cause fréquente d'accident, que par une meilleure disposition de la tuyauterie d'échappement. En éloignant celle-ci des réservoirs d'essence, qui sont un danger permanent, on a très sagement évité le contact des gaz chauds avec ces réservoirs.

Les réservoirs, au début, devaient avoir pour qualité essentielle la légèreté ; ils n'étaient pas très solides et les fuites étaient fréquentes. A présent, où la question de poids n'est plus aussi importante, on peut adopter des réservoirs plus lourds, par consé- l'avion que si cet arrêt survient au cours d'un vol acrobatique, par exemple, dans l'exécution à trop faible hauteur d'un virage sur l'aile. Or, nous avons vu que les avions de transport ne se prêtaient pas à des manœuvres de ce genre. D'ailleurs, le moteur d'aviation a bénéficié de grands perfectionnements en ces quatre dernières années ; à l'heure actuelle, les pannes constituent l'exception, et si elles viennent à se produire, l'avion passe automatiquement du vol mécanique au vol plané, descendant lentement jusqu'au sol, sans risque pour la sécurité des voyageurs. Le profil des ailes a été amélioré, lui aussi, et le planement des avions de transport est assuré dans d'excellentes conditions, en dépit du poids considérable que portent, au mètre carré, les ailes de ces



UNE CHUTE MORTELLE SURVENUE A QUELQUES MÈTRES DU SOL (1911)

Les vols à grande hauteur présentent moins de danger que ceux qui sont effectués près du sol où des obstacles de toute nature risquent de provoquer les plus graves collisions.



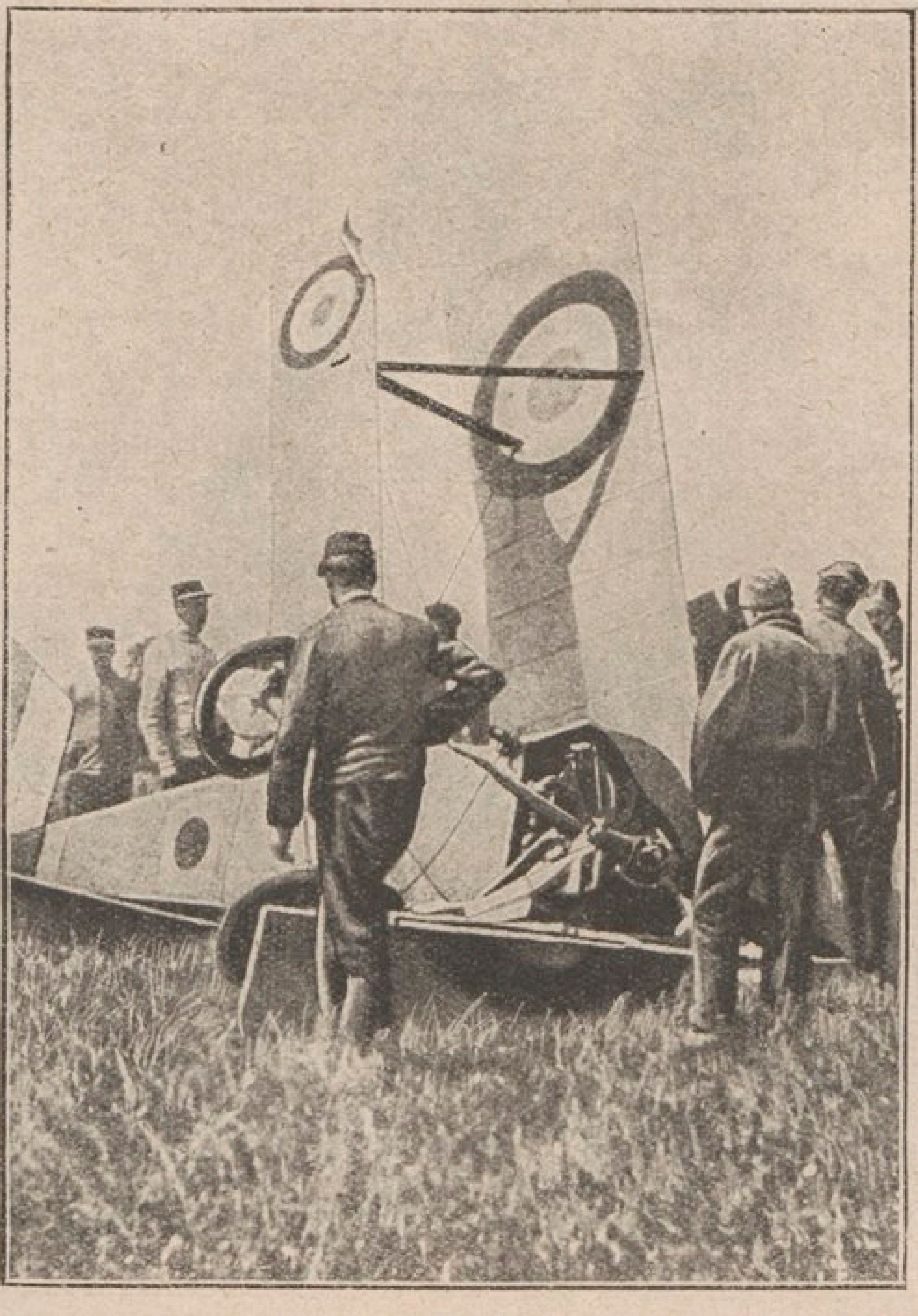
UN HYDRAVION DÉSEMPARÉ : LES AILES ET LES FLOTTEURS SONT BRISÉS

La nature de ses avaries paraît indiquer que cet appareil a été redressé trop tôt. Le pilote se croyait à la surface de l'eau quand il en était encore séparé par plusieurs mètres. Ce genre d'accident s'est produit malheureusement assez souvent en ces derniers temps, faisant plusieurs victimes.

appareils. La panne de moteur tend, d'ailleurs, à perdre de son importance à mesure que l'on fractionne davantage la puissance motrice de l'aéroplane. Les avions de transport ont au moins deux moteurs ; ceux qui en sont pourvus de trois peuvent continuer à voler si l'un d'eux vient à s'arrêter. Dans ce cas, la vitesse de l'avion est peut être réduite, mais on n'est pas dans la nécessité absolue d'atterrir. L'avion ne fait escale qu'au point prévu où le moteur avarié est remis en état. Il y a donc un intérêt évident à répartir la puissance totale de l'avion sur plusienrs moteurs, de façon à réduire, non le danger de la panne puisque ce danger est pratiquement inexistant, mais les ennuis et les difficultés résultant d'un atterrissage fortuit.

On peut se demander aussi quelle serait la tenue de l'avion si l'une de ses hélices venait à se briser. Cette éventualité peut être mise en parallèle avec celle d'une panne de moteur, car elle aurait, à peu de chose près, les mêmes conséquences. Un accident de ce genre pourrait être dangereux s'il survenait à un avion extrêmement rapide, volant à faible hauteur, mais s'il se produit sur un aéroplane de transport, pourvu de plusieurs moteurs, les passagers constateront seulement une perturbation assez sensible dans le régime de l'appareil. D'ailleurs, la rupture d'une hélice, au cours d'un vol, est un accident dont il n'y a pas lieu de tenir compte, tant il est rare. On n'en compte que quelques-uns.

Outre les accidents qui ont une cause en quelque sorte mécanique et que nous venons d'examiner, il en est d'autres qui sont dus à une erreur de pilotage et qui ne sont imputables ni à une conception défectueuse de l'appareil, ni à un vice de construction. Si l'on étudie les accidents qui se sont produits depuis dix ans, on constate que ceux qui se sont tués en avion ont été, pour la plupart, victimes de leur imprudence. Neuf fois sur dix, l'accident a pour cause ou une faute de pilotage ou la mauvaise exécution d'une manœuvre acrobatique. On remarque, de plus, que bon nombre d'aviateurs sont tombés au cours de leur apprentissage, c'est-à-dire à un moment où ils ne connaissaient qu'imparfaitement la conduite de leur machine. Dans ce cas et dans le précédent, on ne saurait, en vérité, attribuer l'accident à une imperfection de l'appareil.



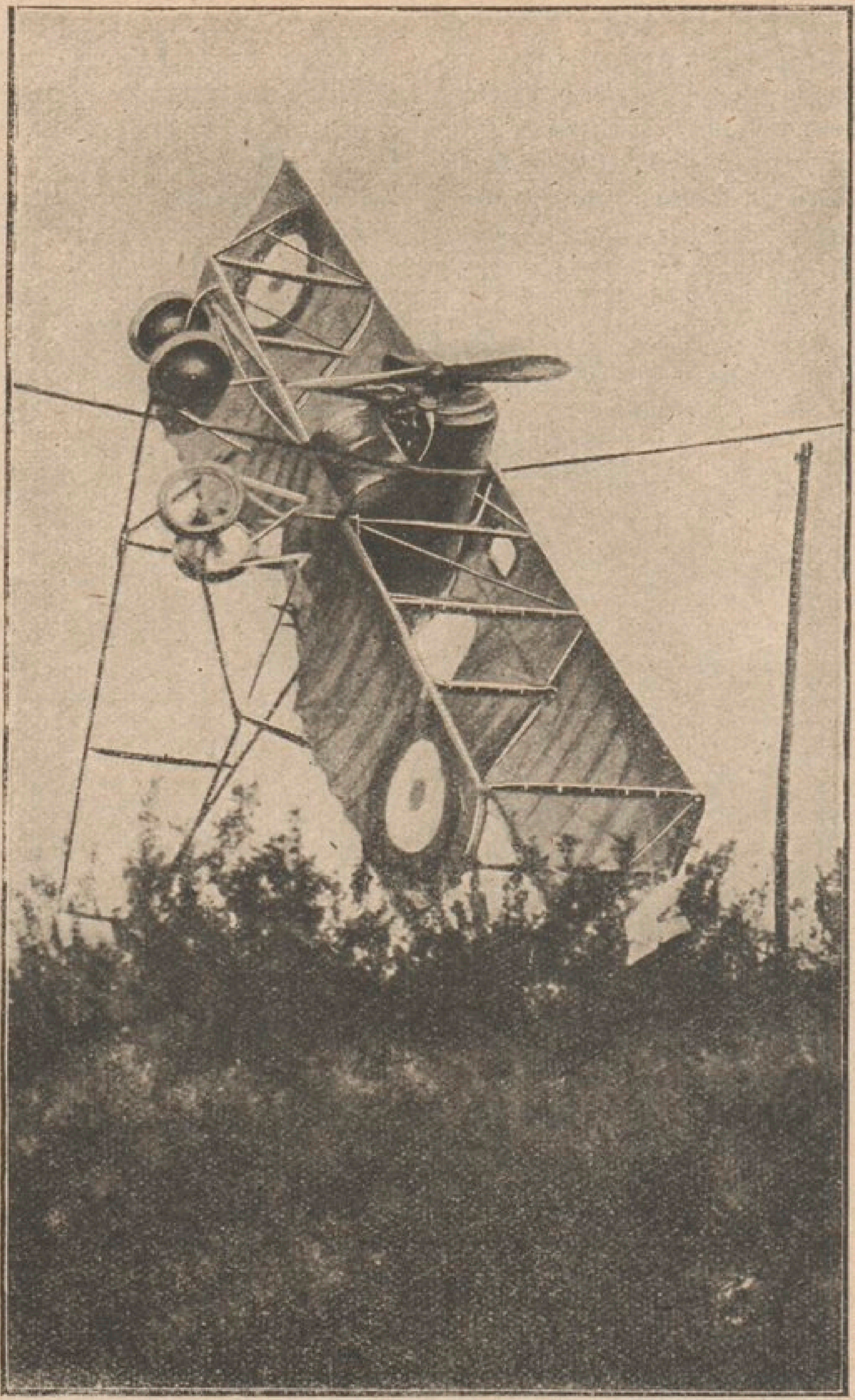
CETTE CHUTE A ÉTÉ PROVOQUÉE PAR UNE GLISSADE SUR L'AILE

Au moment où cet avion exécutait un virage sur l'aile, à quelques mètres du sol, l'arrêt brusque du moteur a déterminé une descente vertigineuse et sans remède.

Les sociétés de transports aériens ont un intérêt évident à ne confier la conduite de leurs avions qu'à des aviateurs expérimentés, ayant fait leurs preuves, de sorte que les passagers n'ont pas à redouter l'incapacité des pilotes.

La conduite d'un avion est relativement facile ; le pilote acquiert très vite une grande confiance en soi, et c'est précisément cette confiance qui, lorsqu'il monte des appareils légers, extrêmement rapides et maniables, lui font commettre des imprudences trop

souvent néfastes. Pendant la guerre, l'acrobatie était malheureusement nécessaire pour lutter efficacement contre l'ennemi ; lorsqu'il était attaqué par plusieurs adversaires à la fois, un aviateur eût été irrémédiablement perdu s'il n'avait pas eu, pour échapper à l'étreinte de l'ennemi, la ressource d'une *vrille* audacieuse ou d'un *looping* angoissant. De plus, les appareils aussi rapides que les avions de chasse ont une mobilité beaucoup plus grande que les autres ; leur vol est essentiellement instable et leur équilibre, compromis à chaque instant, n'est rétabli que par la virtuosité du pilote. Un remous qui n'aura aucun effet sur un grand avion de transport provoquerait la chute d'un appareil plus léger, si le pilote n'avait pas la possibilité de le redresser à tout moment, fût-il dans la plus critique des positions.



UN APPAREIL RESTÉ SUSPENDU A UN FIL TÉLÉGRAPHIQUE

Le brouillard est extrêmement dangereux, surtout quand une panne de moteur oblige le pilote à atterrir dans une région où des obstacles inattendus peuvent surgir à tout instant.

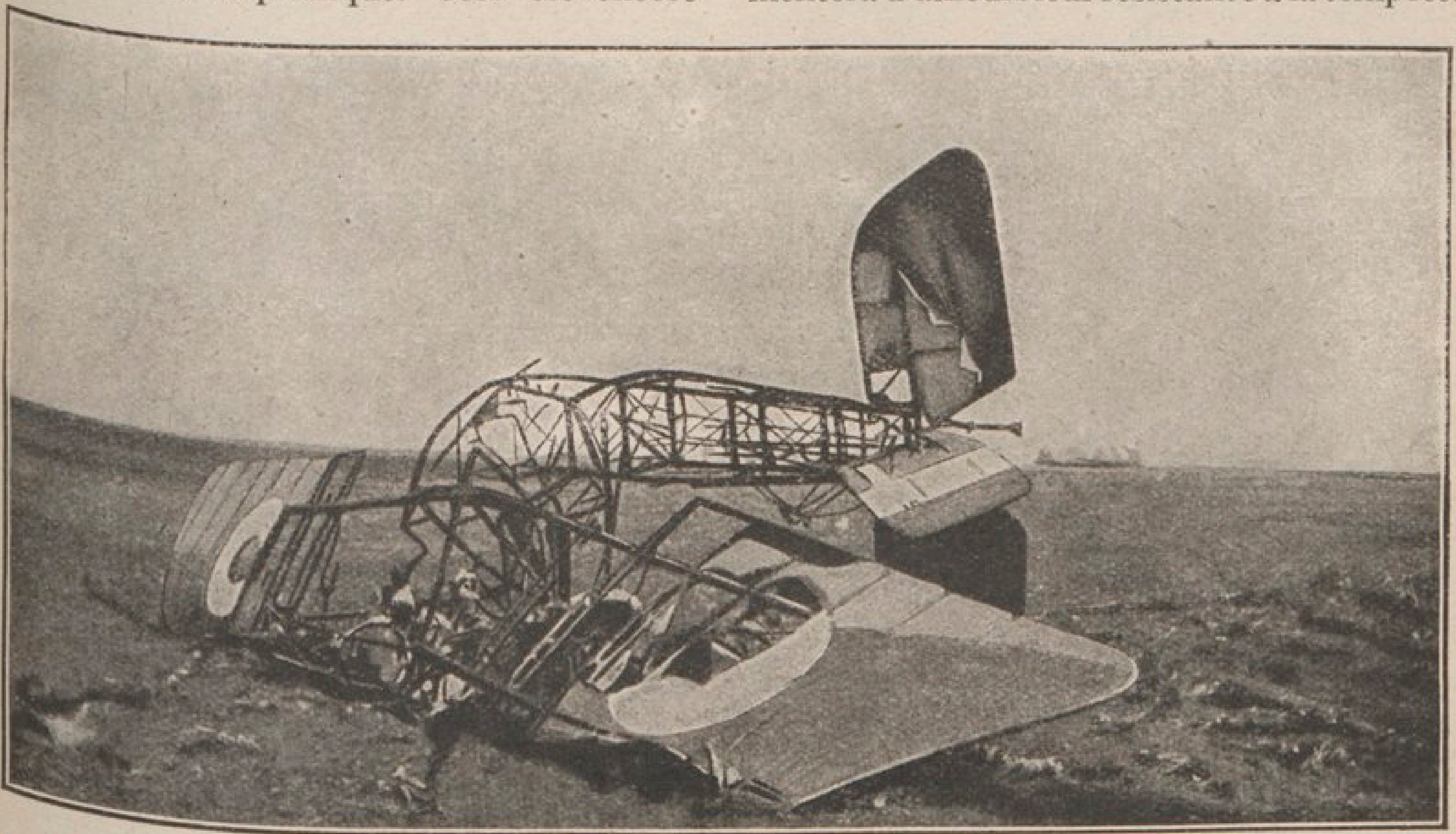
Dans certains cas, l'acrobatie est donc utile ; elle n'en est pas moins d'une pratique dangereuse et il faut souhaiter que le développement rapide des avions à grande capacité de transport rende de moins en moins nécessaire l'exécution de ces manœuvres anormales. On ne saurait trop répéter que la navigation aérienne est comparable à la navigation maritime : où une barque chavirerait, un transatlantique tient la mer avec une sécurité absolue pour ses passagers ; par analogie, les grands avions de l'avenir résisteront bien plus efficacement que les avions actuels aux perturbations atmosphériques, et cela sans qu'il soit besoin de recourir à une manœuvre acrobatique.

Nous ne croyons pas utile de nous étendre davantage sur les accidents de pilotage, bien qu'ils aient été, en aviation, le plus grand facteur de mortalité. Par contre, il nous reste à examiner quelques accidents dont le caractère essentiellement dramatique a incité la presse quotidienne à leur donner une trop retentissante publicité.

C'est ainsi qu'on appréhende, pour l'avenir, les conséquences d'une rencontre d'avions, alors qu'un accident de ce genre constitue véritablement l'exception. Les rencontres qui se sont produites jusqu'ici ont presque toujours eu pour théâtre une école de pilotage où les règlements en vigueur n'étaient pas observés. Pratiquement, le danger d'une rencontre aérienne n'existe pas. Non seulement la largeur des routes de l'air est illimitée, mais si deux avions risquent de se rencontrer, ils ont encore la possibilité d'éviter l'accrochage en passant l'un par-

dessus l'autre, ce que ne pourrait faire ni un train, ni une automobile. Quand les services de transports aériens fonctionneront régulièrement, c'est-à-dire quand l'espace sera sillonné par des aéroplanes si nombreux que les rencontres seront véritablement à redouter, on adoptera un code de l'air, imposant l'observation d'une réglementation déterminée, et tout danger sera ainsi écarté.

On appréhende aussi les accidents que pourrait provoquer un brusque changement de l'état atmosphérique. Ceci est encore fortune. Grâce aux perfectionnements successifs des moteurs actuels, perfectionnements de plus en plus appréciables, cette éventualité est de moins en moins probable. Quant à la tempête, devant laquelle les forces humaines demeurent encore impuissantes, elle contraindra naturellement l'aéroplane à différer son départ, de même que, quelquefois encore, elle oblige les plus gros paquebots à rester au port. En développant la puissance des avions de transport, on augmentera d'ailleurs leur résistance à la tempête.



L'INFLAMMATION DE L'ESSENCE A PROVOQUÉ L'INCENDIE DE L'AVION

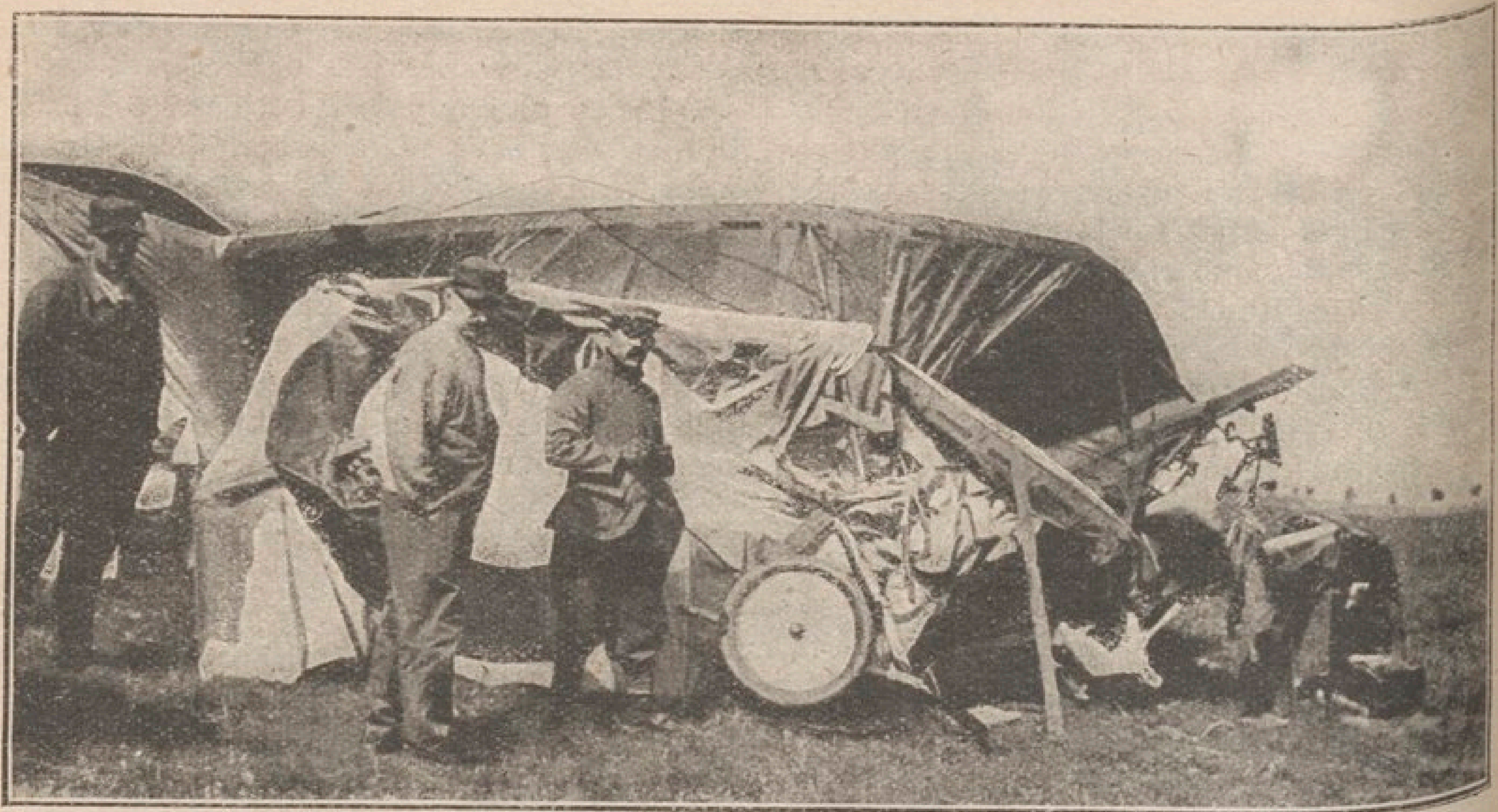
L'incendie était un accident trop fréquent autrefois. On y a remédié très efficacement sur les grands appareils de transport, en améliorant notamment la fabrication et la disposition des réservoirs d'essence.

un danger illusoire. Les lignes aériennes que l'on établira prochainement seront pourvues de postes météorologiques parfaitement outillés qui permettront de connaître, quelques heures à l'avance, les changements de temps possibles. La plupart des stations aériennes en sont déjà munies.

Le vent n'est plus un obstacle au vol d'un avion dont la vitesse est au moins de 150 kilomètres à l'heure, la pluie non plus. Le brouillard, par contre, est le plus grand ennemi de l'aviateur, mais sa formation n'est pas instantanée. Si l'opacité de l'atmosphère est trop grande pour permettre au pilote d'apercevoir le sol, on repérera l'itinéraire de l'avion par des phares puissants qui seront, pour lui, des guides certains. Le brouillard ne devient véritablement dangereux que si une panne de moteur contraint l'aéroplane à effectuer un atterrissage de

Pour terminer cette étude, forcément limitée de la sécurité en avion, il nous faut parler des accidents physiologiques, c'est-à-dire des accidents causés par une indisposition subite du pilote. Ces accidents sont rares ; ceux qui se sont produits pendant la guerre ont pu être déterminés par un épuisement de la résistance physique de l'aviateur, conséquence naturelle, en somme, d'un service intensif trop prolongé. Certains pilotes ont assumé des missions périlleuses, volant chaque jour pendant six, huit et même dix heures de suite, et cela dans des conditions d'autant plus pénibles que la présence de l'ennemi obligeait ces hommes à une surveillance rigoureuse de l'espace. D'où une tension nerveuse qui, à la longue, pouvait avoir les conséquences les plus redoutables.

La vie des passagers d'un avion de transport est naturellement confiée au pilote



LES CONSÉQUENCES DÉSASTREUSES D'UNE GLISSADE SUR L'AILE

L'acrobatie aérienne qui, aux dernières heures de la guerre, a causé tant d'accidents, était nécessaire pour lutter efficacement contre l'ennemi ; elle n'en était pas moins d'une pratique dangereuse.

LES SUITES D'UNE MANŒUVRE ACROBATIQUE QUI N'A PAS RÉUSSI

Bien des accidents d'aviation sont dus aux imprudences souvent impardonnables que commettent les pilotes. La conduite d'un avion de transport ne nécessite pas l'accomplissement de manœuvres acrobatiques et, de ce fait, elle offre bien plus de sécurité que celle d'un appareil rapide.

comme l'existence des voyageurs est confiée au mécanicien d'un train. Une indisposition du pilote est une chose d'autant plus improbable que la conduite d'un avion lourd n'entraîne pas, chez l'aviateur, de troubles organiques comme ceux que produit trop souvent l'acrobatie aérienne pratiquée pendant de longs mois. Par ailleurs, envisage-t-on l'éventualité d'un malaise subit lorsqu'on se confie à un conducteur d'automobile qui, sur une route étroite et mal entretenue, vous entraîne à 70 ou 80 kilomètres à l'heure?

rir à l'avion comme moyen de transport. On peut ergoter sur les avantages et les inconvénients de la voie aérienne, on peut douter de son rendement financier et de sa valeur pratique, mais on ne peut plus dire que l'aéroplane est beaucoup plus dangereux que les autres modes de transport. Encore une fois, il faut établir une distinction entre les avions de guerre, véritables bolides, et les avions de tourisme ou de commerce, dans la conception desquels la question de sécurité pour les passagers prime toutes les autres.

LES RÉSULTATS D'UN ATTERRISSAGE EN PLEINE VITESSE

Cet accident remonte à l'avant-guerre ; il a eu des conséquences mortelles. Par suite de la violence du choc à terre, le châssis-porteur, insuffisamment robuste, s'est littéralement écrasé.

De plus, il est possible — et c'est ce qui aura probablement lieu dans l'avenir — d'écarter toute crainte d'accident en plaçant à bord des avions de transport, *deux* pilotes expérimentés. Si, pour une raison quelconque, l'un d'eux ne peut plus assurer le contrôle de l'appareil, l'autre le remplacera, sans risque aucun pour la sécurité des passagers.

De tout ce qui précède, nous pouvons conclure que le problème de la sécurité en aéroplane est pratiquement résolu à l'heure actuelle. Certes, on se tuera encore en avion mais on se tue aussi en automobile, en chemin de fer et même en voiture. Ce qu'il importait d'établir, c'est que le pourcentage des accidents d'aviation, par rapport au nombre de kilomètres parcourus, est suffisamment bas, à présent, pour que l'on n'hésite pas à recou-

La plupart des gens appréhendent les voyages aériens parce qu'ils ne sont jamais montés en aéroplane. Ceux qui sont allés à Londres et à Bruxelles à bord du *Goliath* sont, au contraire, unanimes à déclarer que la plus forte des impressions qu'ils ont ressenties est celle d'une sécurité absolue.

On redoute généralement ce que l'on ne connaît pas ; le jour où, pour monter en avion, on aura les mêmes facilités que pour prendre le chemin de fer, chacun essaiera le nouveau mode de transport et l'adoptera. Ce n'est pas seulement la fonction qui crée l'organe, mais bien souvent, aussi, l'organe qui crée la fonction. Quand les avions de transport fonctionneront régulièrement, on s'en servira et personne n'aura plus aucune crainte.

GEORGES HOUARD.

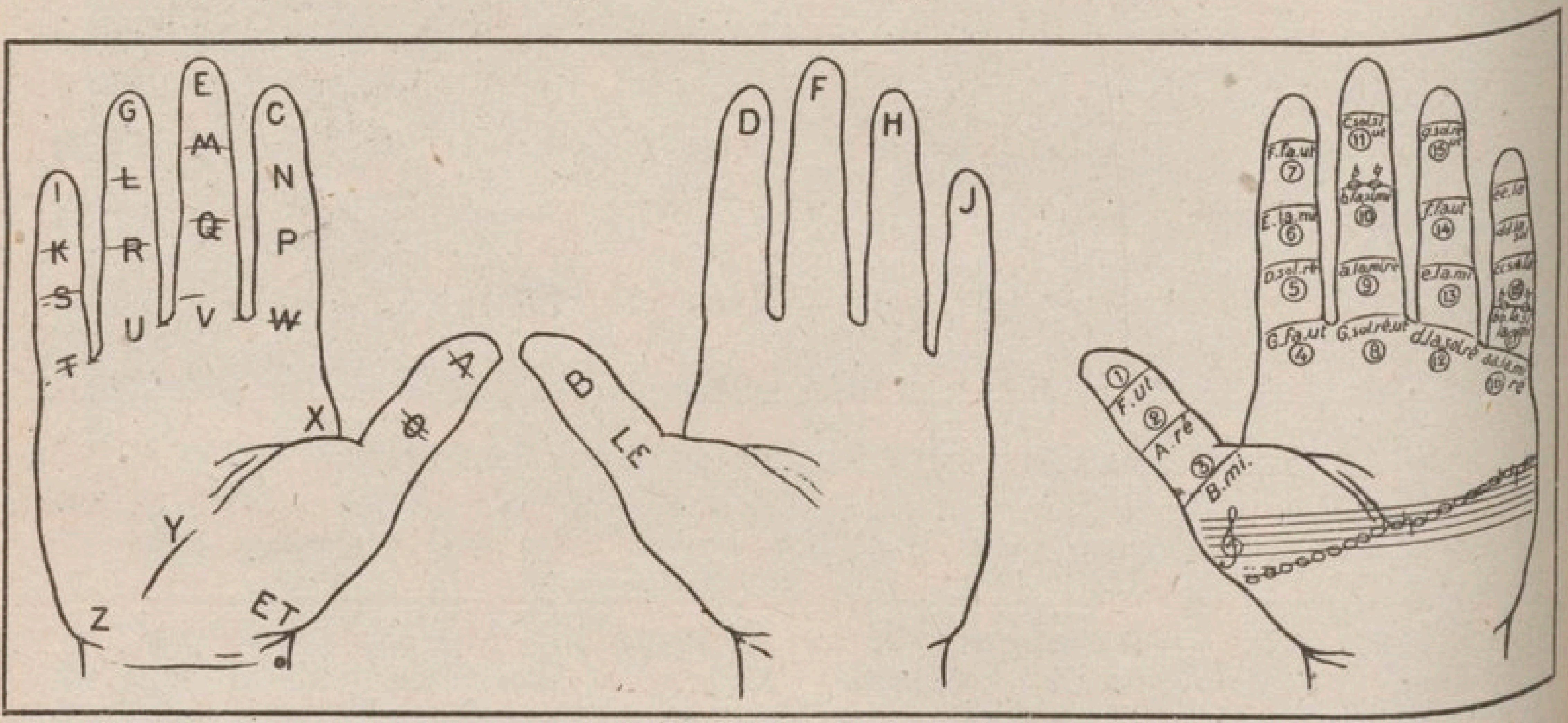
EN UTILISANT UN GANT ALPHABÉTIQUE LES PERSONNES SOURDES OU AVEUGLES PEUVENT CONVERSER AVEC TOUT LE MONDE

Un docteur américain, M. William Terry, dont la vue et l'ouïe baissaient rapidement, s'ingénia à trouver, avant qu'il ne devînt complètement aveugle et sourd, un moyen ou une méthode qui lui permît de continuer à converser avec n'importe quelle personne après que sa double infirmité serait devenue totale et sans remède.

Il eût pu, évidemment, s'arrêter à l'idée d'écrire ce qu'il aurait à dire et de se faire répondre également par écrit en prêtant à son interlocuteur un dispositif à alphabet Braille qu'il aurait toujours porté sur lui. C'eût été là, cependant, un procédé lent et incommode; le docteur Terry préféra reprendre le principe d'une solution connue et qui consistait à écrire d'une manière permanente et aussi indélébile que possible (le tatouage en fournissait un moyen) les lettres de l'alphabet sur les phalanges des doigts de chaque main. Telle qu'elle vient d'être définie, cette méthode ne convenait guère au Dr. Terry et voici, d'après notre confrère *The Scientific American*, comment il la modifia.

Il eut l'idée d'écrire les caractères alphabétiques non plus directement sur les doigts mais sur un seul gant s'adaptant à la main droite. Pour loger toutes les lettres sans trop les serrer, il utilisa les deux faces du gant en faisant cependant entrer le plus possible de caractères sur la face antérieure, afin que la face postérieure, celle qui, normalement, est le plus en vue, ne rendît pas le procédé trop apparent. La première phalange de chaque doigt du gant porte une lettre de chaque côté et dans l'ordre alphabétique, en passant alternativement d'une face à l'autre de la main. A partir de la lettre *J*, tous les caractères sont marqués sur la face antérieure ; les lettres les moins usitées : x, y, z, sont inscrites sur la paume ; enfin, l'article « le » et la conjonction « et », dont la répétition est si grande au cours des conversations, sont égalements inscrits respectivement sur la face postérieure et la face antérieure du gant.

En utilisant ce dernier, toute personne aveugle et sourde pourra tenir une conversation avec n'importe qui, puisqu'il suffira à son interlocuteur de mettre le doigt ganté sur les différentes lettres, la main de l'infirme étant posée à plat sur une table ou simplement tendue pour se faire comprendre. Le procédé du Dr Terry rappelle — le gant mis à part — la main harmonique reproduite sur notre dessin qui, au moyen âge et alors que la portée musicale était inconnue, constituait un système mnémonique appliqué à l'étude de la solmisation.



LE GANT ALPHABÉTIQUE DU DOCTEUR TERRY ET LA MAIN HARMONIQUE

Pour permettre aux personnes privées de l'ouïe et de la vue de converser avec les gens les moins familiers avec les alphabets spéciaux, le docteur Terry a composé un gant alphabétique qui rappelle la main harmonique employée au moyen âge pour apprendre à solfier.

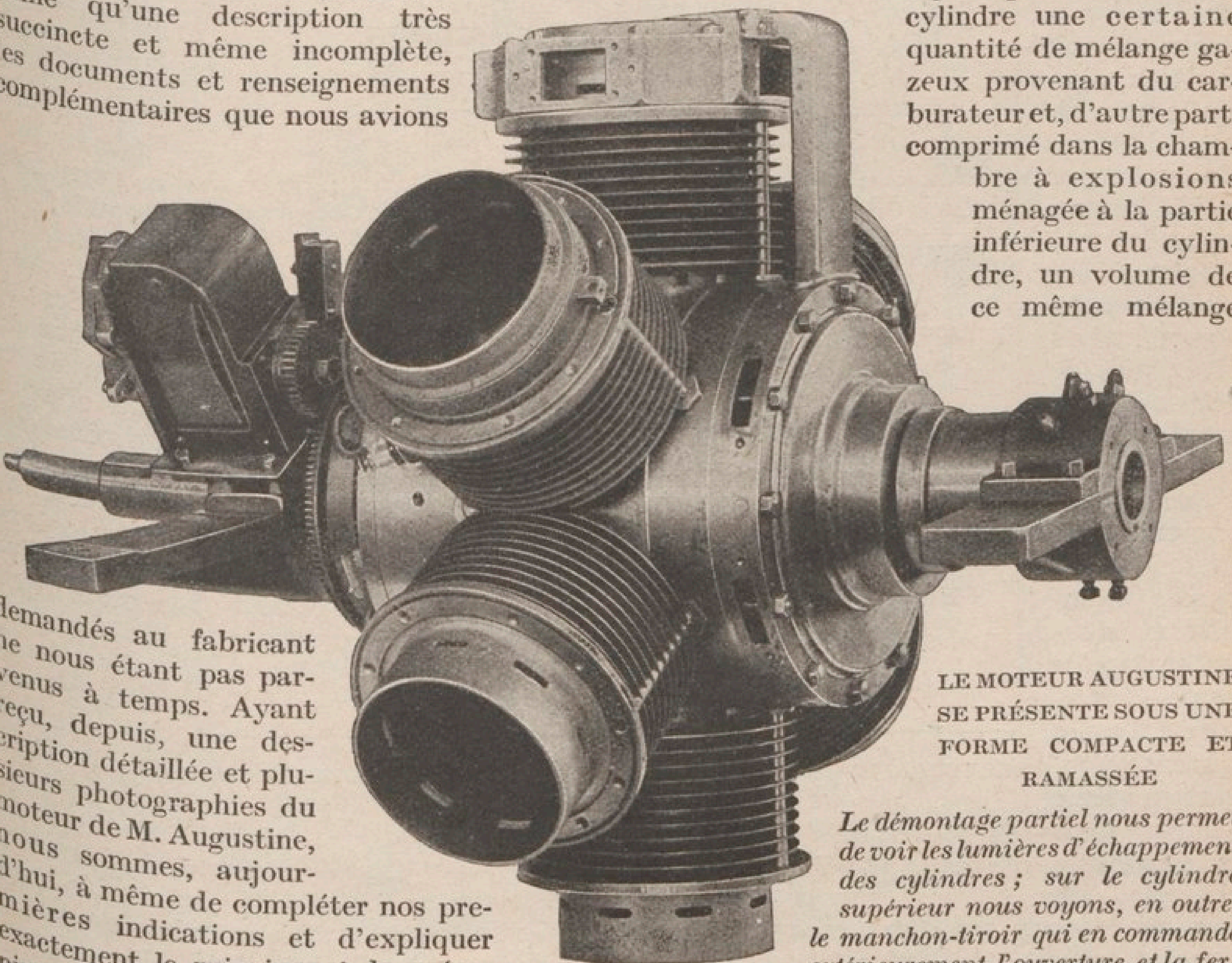
UN PROGRÈS DANS LA CONSTRUCTION DES MOTEURS A EXPLOSIONS

Par Frédéric Matton
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Nous avons parlé, dans le numéro 43 de ce magazine (mars 1919, page 288), de l'adaptation du moteur rotatif à l'automobile. Il s'agissait d'un nouveau moteur inventé par l'ingénieur américain Benjamin-F. Augustine, de Buffalo. Nous n'avions pu donner de cette machine qu'une description très succincte et même incomplète, les documents et renseignements complémentaires que nous avions demandés au fabricant ne nous étant pas parvenus à temps. Ayant reçu, depuis, une description détaillée et plusieurs photographies du moteur de M. Augustine, nous sommes, aujourd'hui, à même de compléter nos premières indications et d'expliquer exactement le principe et le mécanisme de cet intéressant engin.

Le moteur rotatif de M. Augustine est un moteur six cylindres, à deux temps, à double effet et sans soupapes, qui présente, comme nous allons le voir, plusieurs caractéristiques vraiment neuves. Envisageons, pour la clarté de la démonstration, un seul cylindre dont le piston se trouve à l'instant considéré presqu'à la fin de sa course descendante. Pour bien comprendre les explications qui vont suivre, il est bon de se référer au dessin reproduit page 326, lequel, puisqu'il représente en coupe longitudinale deux cylindres diamétralement opposés, permet de décomposer schématiquement les deux temps du moteur.

En descendant, le piston a, d'une part, aspiré par le haut du cylindre une certaine quantité de mélange gazeux provenant du carburateur et, d'autre part, comprimé dans la chambre à explosions ménagée à la partie inférieure du cylindre, un volume de ce même mélange carburé qui y a été admis préalablement; c'est là le premier temps (partie supérieure du dessin). Lorsque le piston se trouve en fin de course, l'explosion de la charge se produit et la détente s'opère; le piston remonte et refoule le gaz frais admis dans le cylindre, par le haut, dans la tubulure qui, l'instant d'avant, a servi à son admis-



LE MOTEUR AUGUSTINE SE PRÉSENTE SOUS UNE FORME COMPACTE ET RAMASSÉE

Le démontage partiel nous permet de voir les lumières d'échappement des cylindres ; sur le cylindre supérieur nous voyons, en outre, le manchon-tiroir qui en commande extérieurement l'ouverture et la fermeture, ainsi que la tubulure d'aspiration au carburateur et de refoulement dans le carter des gaz frais.

sion ; ce volume gazeux ne peut, cependant, faire retour au carburateur car le déplacement d'une valve circulaire — un véritable tiroir rotatif — a fermé cette communication ; par contre, il a ouvert un autre chemin aboutissant dans une chambre centrale, un carter étanche qui forme, à proprement parler, l'intérieur de la boîte de manivelle.

En raison de la force centrifuge développée par la rotation du moteur, le gaz frais ainsi introduit dans la chambre centrale prend un mouvement de tourbillon qui a pour effet, d'abord, de mélanger plus intimement les molécules d'essence aux molécules d'air, puis de le faire pénétrer dans les manchons cylindriques qui prolongent les pistons, lesquels manchons s'ouvrent sur le carter étanche. Trois pistons refoulent en même temps, dans la chambre centrale, du mélange gazeux aspiré au carburateur ; si donc la capacité totale des trois cylindrées est supérieure à celle de la chambre en question, ce qui est précisément le cas, le gaz se trouve comprimé. Le degré de cette compression est contrôlé par l'ouverture réglable de la soupape d'aspiration au carburateur, ce qui revient à dire par la manœuvre de l'accélérateur ; ceci est logique, car il est évident que plus on accélère la marche du moteur plus il est avantageux de pouvoir comprimer davantage le mélange détonant avant son introduction dans les cylindres.

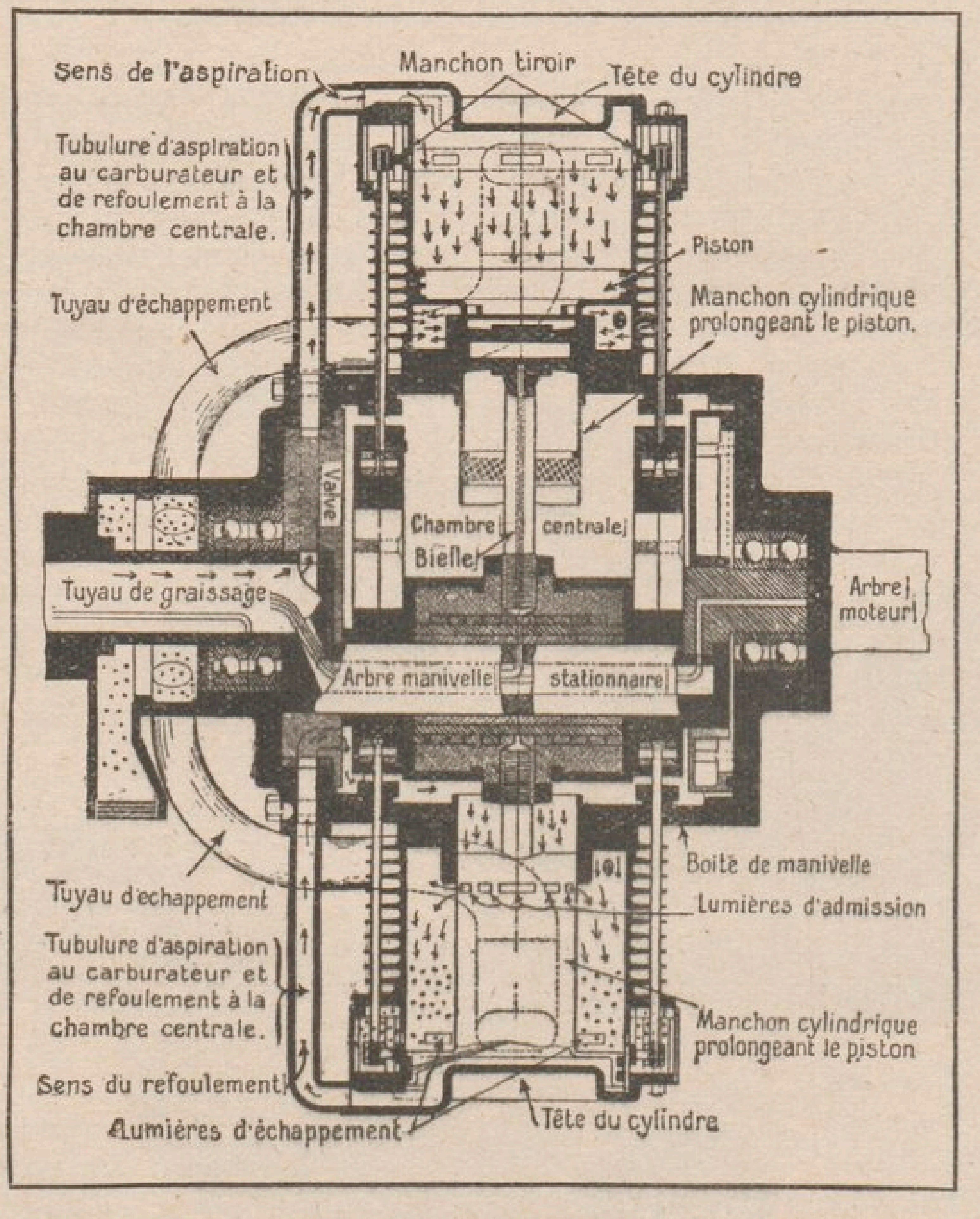


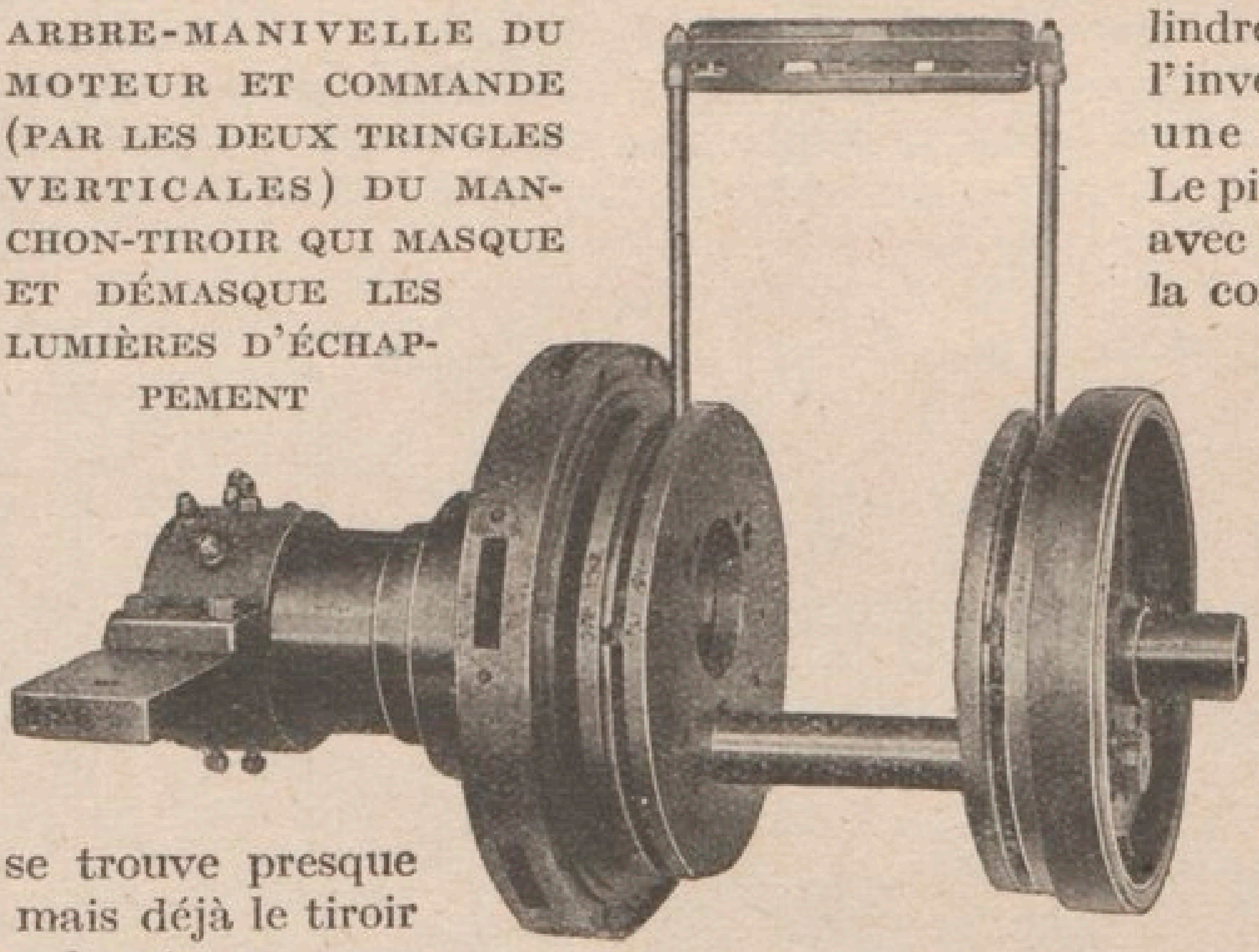
ILLUSTRATION GRAPHIQUE DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR ROTATIF AUGUSTINE

Ce dessin, représentant deux cylindres diamétralement opposés, permet de décomposer schématiquement les deux temps du moteur.

Il est aisé de comprendre que l'irruption des gaz frais dans les manchons contribue à maintenir la surface interne des têtes de piston à une température raisonnable, comme l'aspiration suivie du refoulement de ces mêmes gaz par le haut des cylindres concourt à maintenir relativement froide la surface externe des têtes de piston et les parois des cylindres. Cette action refroidissante et celle qui résulte de la rotation rapide du moteur dispensent de toute circulation d'eau, alors que, dans les moteurs à deux temps, il a toujours été jusqu'ici nécessaire d'adopter une réfrigération énergique en raison de ce que chaque cylindre doit supporter deux fois plus d'explosions que celui d'un moteur à quatre temps.

Comme le montre le dessin, des lumières sont percées tout autour de chaque manchon, très près de la base, de manière à établir la communication entre le manchon et le cylindre et, par conséquent, à permettre au mélange détonant de passer du premier dans le second lorsque le piston arrive en fin de course ascendante. Mais, auparavant, un tiroir cylindrique (manchon-tiroir) dont la paroi interne s'applique exactement sur la paroi externe du cylindre et qui peut prendre un mouvement de va-et-vient vertical par l'intermédiaire de deux tiges latérales actionnées par des cames, s'est déplacé de bas en haut. Ce faisant, il a dé-

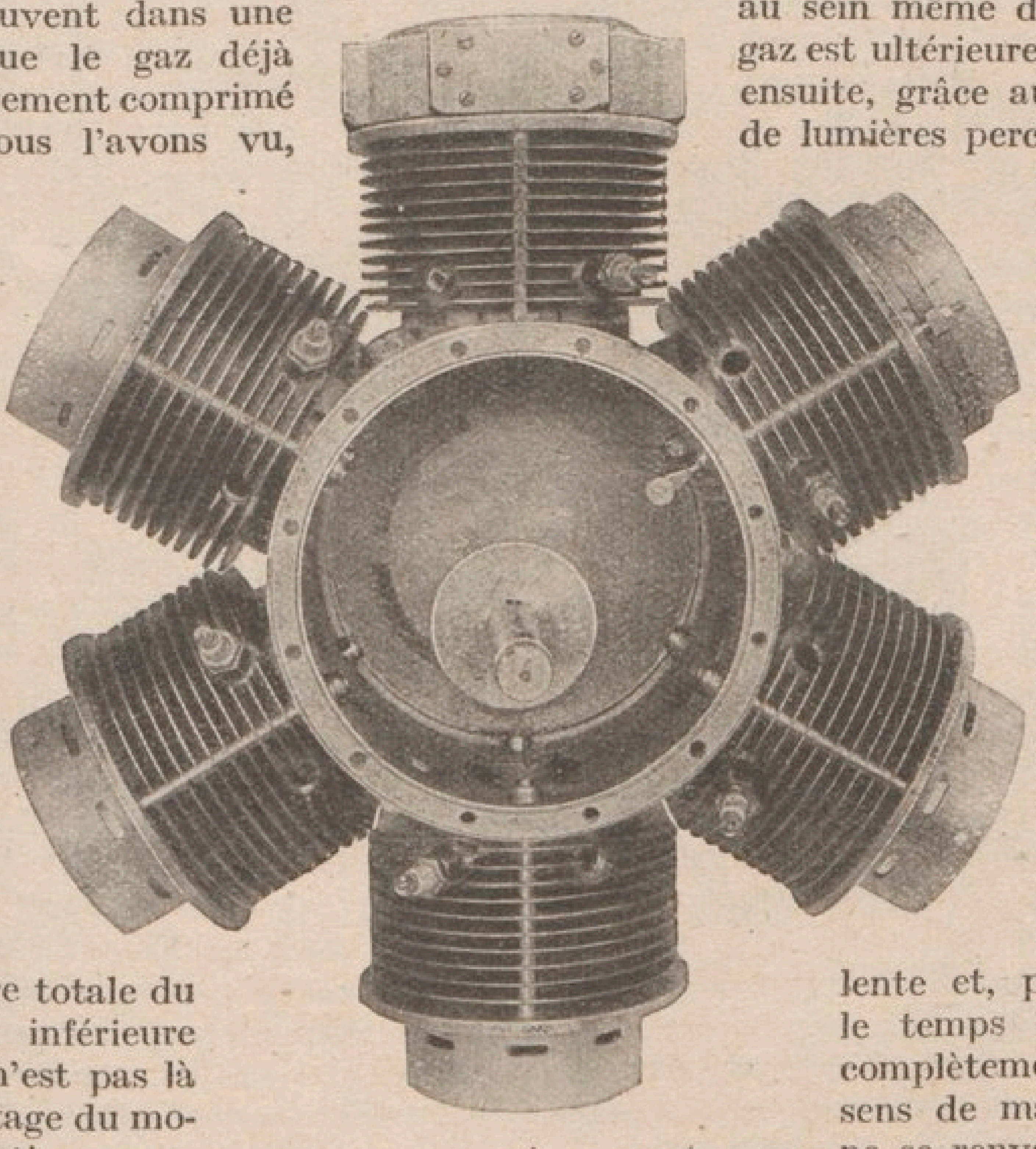
couvert l'orifice extérieur des lumières par lesquelles les gaz brûlés issus de la combustion de la charge vont pouvoir s'échapper dès que la tête du piston découvrira à son tour l'orifice *intérieur* des lumières en question (le diamètre de ces dernières a été calculé très largement, de manière à permettre une évacuation rapide). A ce moment, le piston se trouve presque en fin de course; mais déjà le tiroir s'est mis à redescendre et commence à recouvrir les lumières d'échappement; avant, cependant, qu'il ne les obture complètement, les lumières d'admission percées à la base du manchon qui prolonge le piston se trouvent dans une position telle que le gaz déjà réchauffé et légèrement comprimé qui, comme nous l'avons vu, emplit ledit manchon, peut passer de ce dernier dans le cylindre; cette admission se faisant *dans le même sens* que l'échappement et commençant avant que tous les gaz brûlés n'aient pu évacuer le cylindre, les gaz frais chassent ce qui reste de ces derniers devant eux et assurent ainsi une vidange totale du cylindre (partie inférieure du dessin). Ce n'est pas là le moindre avantage du moteur de M. Augustine.



ARBRE-MANIVELLE DU MOTEUR ET COMMANDE (PAR LES DEUX TRINGLES VERTICALES) DU MANCHON-TIROIR QUI MASQUE ET DÉMASQUE LES LUMIÈRES D'ÉCHAPPEMENT

Le tiroir cylindrique ferme complètement les lumières d'échappement avant que les lumières d'admission ne se trouvent obturées et que le piston n'ait commencé à redescendre, de sorte qu'une pleine charge de gaz frais est admise dans le cylindre ; c'est ce que l'inventeur appelle une *superadmission.* Le piston redescend et avec lui le manchon ; la communication entre l'intérieur de ce dernier et le cylindre est coupée, et le cycle des opérations que nous venons de décrire se renouvelle pendant toute la durée de fonctionnement du moteur; il en est, bien entendu, exactement de même en ce qui concerne tous les autres cylindres.

L'admission se fait pour ainsi dire instantanément, d'abord parce qu'elle se produit au sein même de l'espace où le gaz est ultérieurement comprimé, ensuite, grâce au grand nombre de lumières percées à la base du manchon de chaque piston, et, enfin, en raison de la compression préalable du gaz. Or, dans la plupart des moteurs à deux temps, les gaz aspirés doivent, pour parvenir dans la partie du cylindre où ils sont ultérieurement comprimés, emprunter un canal étroit; l'admission est donc lente et, pour lui donner le temps de se produire complètement avant que le sens de marche du piston ne se renverse, il faut prévoir une grande *avance à l'échappement,* ce qui conduit à une perte de la détente utile au travail moteur qui, pour être compensée, en-

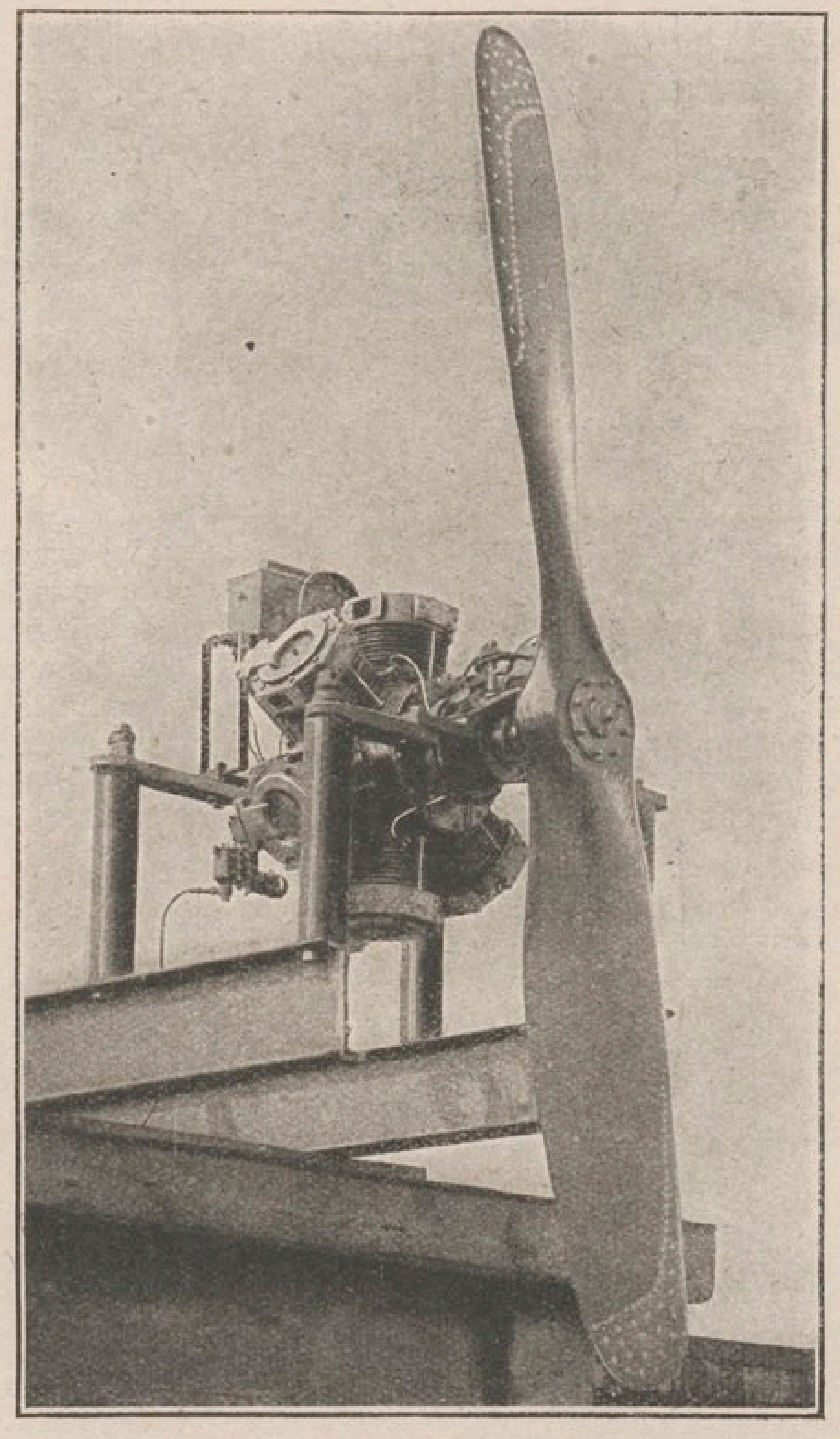


VUE DU CARTER ÉTANCHE (BOITE DE MANIVELLE) DANS LEQUEL SONT REFOULÉS ET LÉGÈREMENT COMPRESSÉS LES GAZ FRAIS AVANT LEUR ADMISSION DANS LES CYLINDRES

traîne une augmentation sensible de la course du piston par rapport à l'alésage.

Bien que les gaz frais soient admis dans le cylindre avant expulsion complète des gaz brûlés, ils n'ont pas tendance à s'enflammer prématurément, car leur admission se faisant dans le même sens que celui de l'échappement de ces derniers, ils ne se mélangent pas aux gaz brûlés; d'ailleurs, comme ils arrivent en trombe, par conséquent *en masse*, leur échauffement est moins rapide que s'ils pénétraient dans le cylindre sous un débit relativement faible. Si, cependant, il arrivait, pour une raison ou pour une autre, qu'ils s'enflammassent prématurément, il ne pourrait se produire de retour de flamme au carter, car une fine toile métallique garnit, à l'intérieur du manchon, toutes les lumières d'admission; cette toile s'opposerait, en effet, comme elle le fait dans la lampe de sûreté des mineurs, à la propagation de la flamme.

On sait que, dans les moteurs à deux temps où l'on utilise la dépression formée dans un carter étanche par la remontée du piston pour aspirer les gaz carburés, les constructeurs ont rencontré de très sérieuses difficultés pour assurer l'étanchéité du carter, à cause de la nécessité de faire traverser ce dernier par un arbre moteur animé d'une grande vitesse. Or, si le carter n'est pas rigoureusement étanche, la dépression crée un appel d'air qui ne permet pas une aspiration complète et uniforme du mélange gazeux, d'où une irrégularité de marche susceptible de provoquer l'arrêt de la machine et sûrement, en tout cas, un fonctionnement défectueux. Dans le moteur Augustine, au contraire, l'appel des gaz carburés est occasionné par une dépression dans le cylindre, dépression qui ne met en jeu que l'étanchéité du piston, beaucoup plus facile à assurer. Si donc, dans ce moteur, le carter n'est pas absolument étanche, il pourra se produire de légères fuites de gaz frais entraînant une diminution de la charge admise dans les cylindres et, par suite, du rendement, mais jamais d'irrégularité de marche.

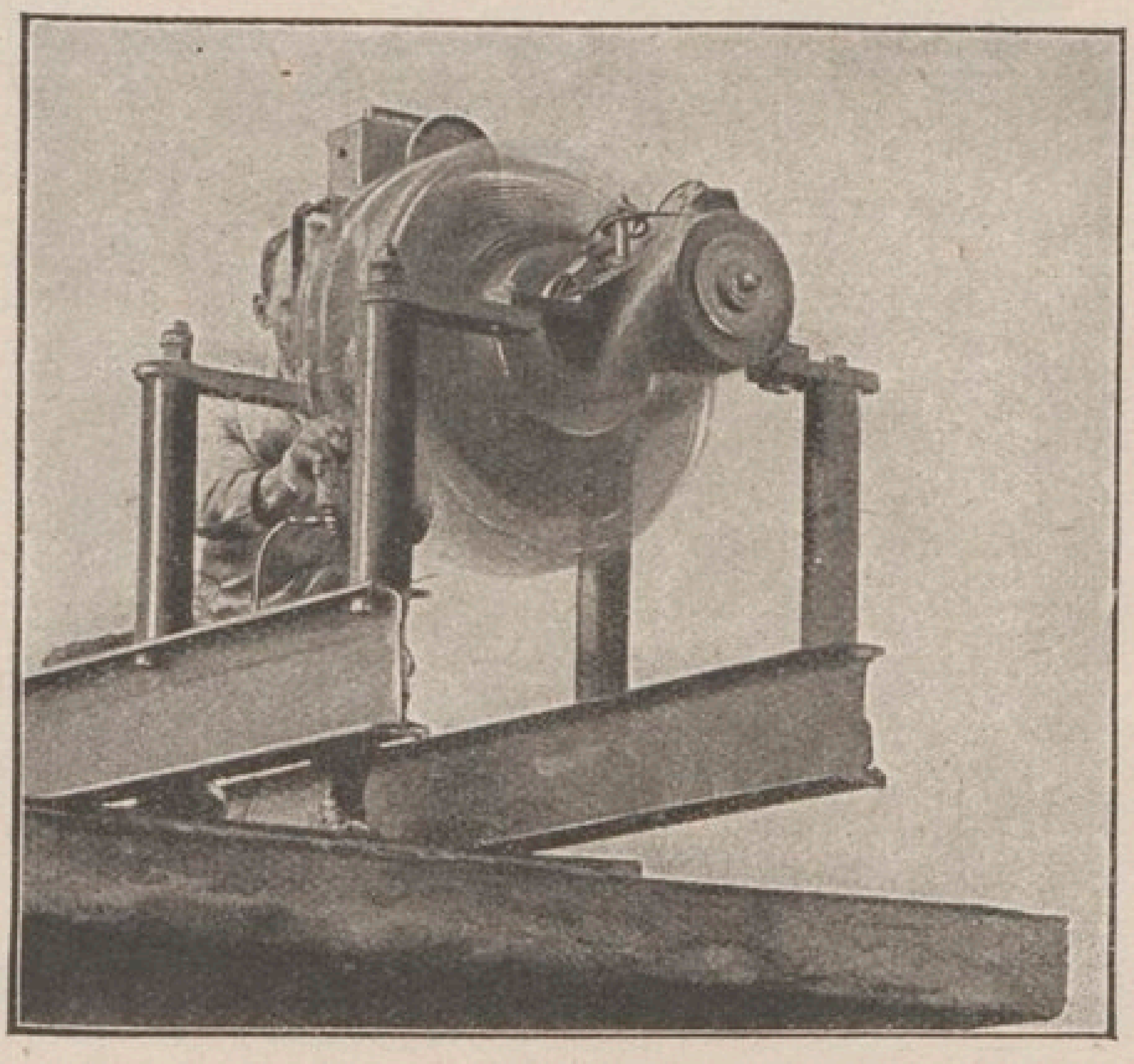


LE TYPE D'AVIATION DU MOTEUR AUGUSTINE NE PÈSE MÊME PAS 900 GRAMMES PAR CHEVAL

Comme la plupart des moteurs à deux temps, le moteur Augustine se prête à la réversibilité, c'est-à-dire qu'il est susceptible de marcher en avant ou en arrière, grâce à l'adjonction d'un manchon qui renverse l'admission, tout comme dans une machine à vapeur.

On sait que, dans les moteurs rotatifs, la force centrifuge développée atteint aux grandes vitesses en jeu (1.500 tours par minute dans le cas du moteur Augustine) une valeur considérable. Dans ces moteurs, les pistons opposés ont été soigneusement compensés (équilibrés l'un par rapport à l'autre), mais comme la détente s'opère de la périphérie vers le centre, en exerçant une poussée sur la face extérieure du piston, la force d'expansion des gaz non seulement « travaille » contre la force centrifuge, mais rompt l'équilibre de cette

même force sur les autres pistons. Dans le moteur Augustine, au contraire, où la détente s'opère du centre vers la périphérie, la détente des gaz applique sur la face intérieure du piston une force qui se traduit par une *traction* au lieu d'une *poussée* sur l'arbre manivelle fixe pour faire tourner le moteur ; cette force étant dirigée dans le même sens que la force centrifuge s'ajoute à cette dernière et ne peut, par conséquent, rompre l'équilibre qui existe entre deux pistons opposés. C'est pourquoi, ainsi qu'en témoigne l'instantané ci-dessous de l'appareil en pleine marche, le moteur ne vibre pas. De cet avantage en découle un autre non moins important : la pression contre le fond du cylindre qui résulte de la détente des gaz tend à enfoncer celui-ci dans la boîte de manivelle, par conséquent à le maintenir en place dans le carter. Dans les moteurs rotatifs ordinaires, au contraire, cette pression tend à arracher le cylindre, car elle s'exerce contre le fond de ce dernier. Il ne faut pas chercher ailleurs la raison des nombreux accidents de ce genre survenus à des moteurs rotatifs.



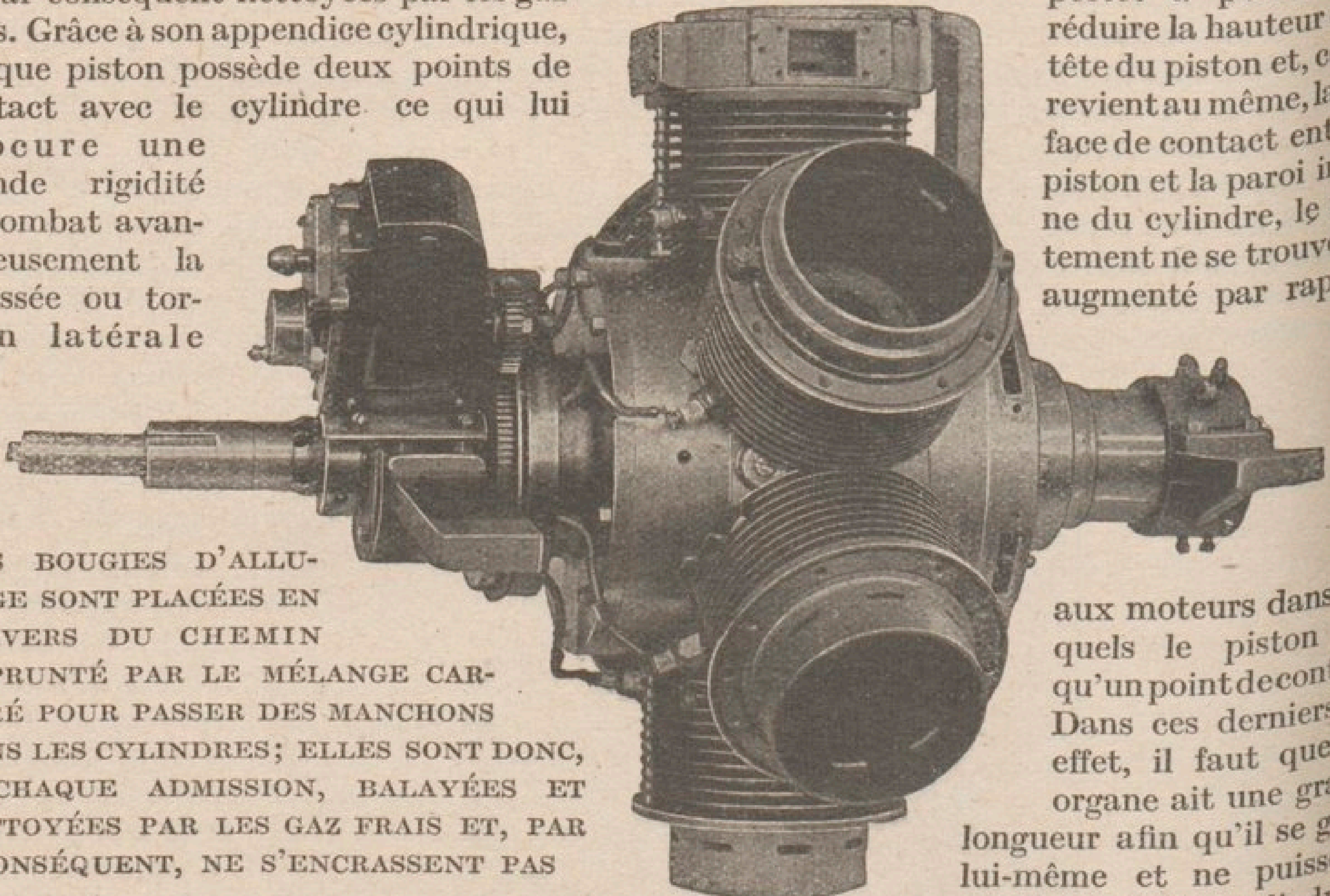
LA NETTETÉ DE CET INSTANTANÉ PROUVE QUE LE MOTEUR EST COMPLÈTEMENT EXEMPT DE VIBRATIONS PENDANT LA MARCHE

Dans le moteur Augustine, chaque cylindre est divisé par le piston en une chambre alimentaire faisant l'office de pompe aspirante et foulante et en une chambre de compression et de détente ; chaque temps est donc à double effet, d'où une simplification qui entraîne une diminution de poids ; ce n'est pas là, d'ailleurs, le privilège de la machine qui nous occupe, mais un avantage inhérent à la généralité des moteurs à deux temps ; par contre, du fait que dans le moteur Augustine la pression des gaz ne s'exerce, en dehors du piston, que sur le fond du cylindre, ce dernier peut être plus légèrement construit que dans tout autre moteur (le type d'aviation du moteur Augustine ne pèse pas plus de 900 grammes par cheval) tout en demeurant très solide.

La lubrification des portées, des têtes de bielle, des parois des cylindres, têtes de piston, etc., est assurée par des tuyaux de cuivre qui traversent l'arbre manivelle stationnaire, lequel est évidemment creux. On comprend qu'on ne pouvait pas, comme dans beaucoup de moteurs, introduire l'huile de graissage dans le carter, puisque ce dernier est utilisé comme réservoir à gaz ; il fallait, au contraire, soigneusement éviter que la moindre trace d'huile ne souillât les gaz carburés ; pour réaliser ce desideratum, l'huile, sous pression, est amenée par les tuyaux dans des coupes,cannelures et lumières adéquates, qui la conduisent exactement aux points où la lubrification doit être assurée et de telle manière qu'elle ne puisse y parvenir en excès de la quantité nécessaire. C'est évidemment une complication mécanique, mais qui comporte deux avantages très appréciables : 1° l'huile demeure relativement froide jusqu'au moment où elle est utilisée ; 2° étant constamment renouvelée et empruntant des conduits fermés, elle est toujours très pure et égale à elle-même.

Le moteur Augustine étant un moteur à deux temps, l'ordre d'explosion des cylindres est extrêmement simple ; les six cylindres explosent en succession normale du premier au dernier ; ceci simplifie grandement le distributeur. Si, par conséquent, on emploie une magnéto à deux pointes, c'est-à-dire donnant deux étincelles par révolution complète de son induit et que cette magnéto soit entraînée à une vitesse trois fois plus grande que celle du moteur, on obtient, pour un tour du moteur, les six étincelles nécessaires à l'allumage successif des six cylindres ; un pôle est à la masse, l'autre est relié à un balai amené à frotter sur le collecteur, qui comporte les six plots reliés électriquement aux bougies d'allumage. Ces dernières sont placées en travers du chemin

emprunté par le mélange carburé pour passer des manchons dans les cylindres, de sorte qu'à chaque admission elles sont balayées et par conséquent nettoyées par les gaz frais. Grâce à son appendice cylindrique, chaque piston possède deux points de contact avec le cylindre ce qui lui procure une grande rigidité et combat avantageusement la poussée ou torsion latérale exercée sur la tête du piston par la bielle, lorsque celle-ci fait un certain angle avec l'axe longitudinal du cylindre (ce qui ne se produit pas moins de deux fois par tour). Or, on sait que cette poussée sur la tête du piston détermine à la longue, par l'usure qui en résulte, l'ovalisation des cylindres et, par conséquent, un manque d'étanchéité du piston. Comme, d'autre part, cette double portée a permis de réduire la hauteur de la tête du piston et, ce qui revient au même, la surface de contact entre le piston et la paroi interne du cylindre, le frottement ne se trouve pas augmenté par rapport aux moteurs dans lesquels le piston n'a qu'un point de contact. Dans ces derniers, en effet, il faut que cet organe ait une grande longueur afin qu'il se guide lui-même et ne puisse se coincer dans le cylindre.



LES BOUGIES D'ALLUMAGE SONT PLACÉES EN TRAVERS DU CHEMIN EMPRUNTÉ PAR LE MÉLANGE CARBURÉ POUR PASSER DES MANCHONS DANS LES CYLINDRES; ELLES SONT DONC, A CHAQUE ADMISSION, BALAYÉES ET NETTOYÉES PAR LES GAZ FRAIS ET, PAR CONSÉQUENT, NE S'ENCRASSENT PAS

Tel est le nouveau moteur rotatif introduit sur le marché. Compact, simple, économique et de grand rendement, autoréfrigérant par surcroît, il convient tout aussi bien à la traction aérienne, marine et terrestre qu'aux installations fixes.

F. Matton.

UN MOTEUR QUI EST A LA FOIS A EXPLOSIONS ET A VAPEUR

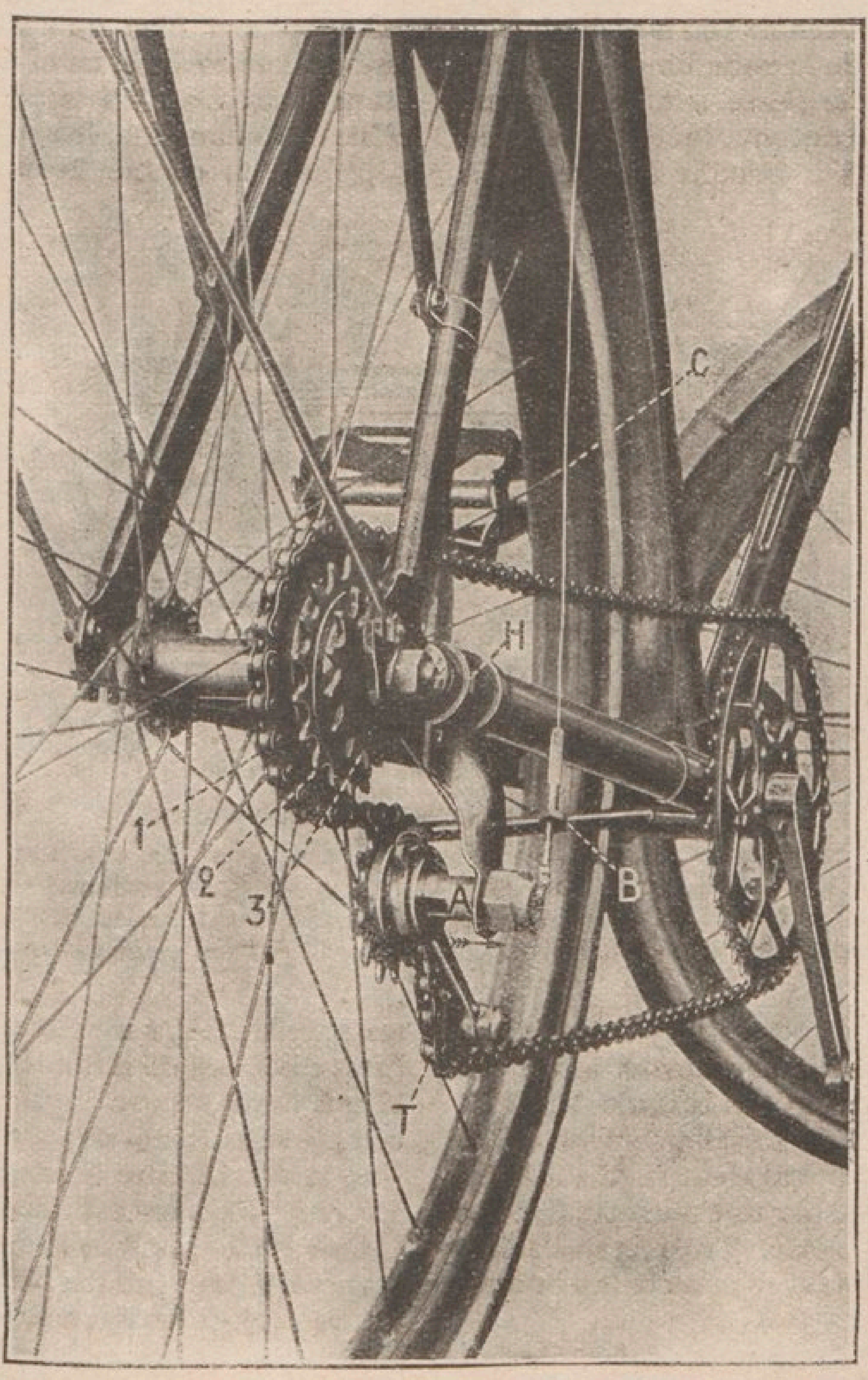
Le capitaine F. E. D. Acland a présenté récemment à la Société Royale des Arts, de Londres, un nouveau type de moteur, inventé par M. W. J. Still, qui représente une tentative intéressante de perfectionnement du moteur à combustion interne.

Le moteur Still est, en quelques mots, la combinaison d'un moteur à combustion interne et d'une machine à vapeur. Son cylindre, pour ne considérer que le cas le plus simple d'un seul cylindre, est recouvert d'une chemise qui est reliée à une chaudière dont l'eau doit emprunter un réchauffeur tubulaire auquel les gaz d'échappement abandonnent une partie de leur calorique avant de parvenir à ladite chemise. Ces gaz parcourent ensuite un second réchauffeur intercalé sur le passage de l'eau d'alimentation de la chaudière. La vapeur et l'eau qui sortent de la chemise sont conduites dans la chambre à vapeur de la chaudière. L'eau tombe par gravitation dans la chambre à eau et la vapeur est conduite dans un cylindre à vapeur faisant corps avec le cylindre à explosions. Autrement dit, il n'y a qu'un seul piston et un seul cylindre dont la partie supérieure est un cylindre à gaz et la partie inférieure, un cylindre à vapeur. La course descendante du piston correspond à la détente d'une charge de gaz explosés et la course ascendante à la détente d'un certain volume de vapeur. Bien entendu, cette machine peut comporter plusieurs de ces cylindres combinés ou des cylindres dans lesquels la vapeur serait utilisée séparément.

En somme, le moteur Still récupère la chaleur développée dans son ou ses cylindres par les explosions ainsi que la majeure partie du calorique des gaz brûlés. D'autre part, son rendement est augmenté par la température moyenne plus élevée et constante de l'eau de circulation du cylindre à gaz et le réchauffage du cylindre à vapeur par les explosions du cylindre à gaz, réchauffage qui évite la condensation de la vapeur au début du fonctionnement de la machine.

UNE BICYCLETTE A SIX VITESSES

CHACUN sait ce qu'est un changement de vitesse, comment il est établi, et nul n'ignore qu'il a été conçu pour maintenir l'effort en rapport avec la résistance. Au contraire de l'effort produit par la vapeur, dont la détente permet de varier la puissance, l'effort venu du moteur mécanique ou du muscle humain doit rester sensiblement le même pour donner son meilleur rendement. Que, pour une cause quelconque, un freinage ou une rampe à gravir, la résistance vienne à augmenter, le moteur mécanique ne pourra la surmonter ; quant au moteur humain, il n'en pourra venir à bout qu'à la condition de donner ce que communément on appelle un « coup de collier », et, par suite, de se fatiguer et de s'épuiser au point de ne pouvoir renouveler plusieurs fois cet effort. C'est ce qui se produit chaque fois qu'il s'agit de monter une côte. Le changement de vitesse intervient alors. Il est constitué par une série d'engrenages de diamètres différents que l'on met successivement en prise, et dont l'accouplement diminuera d'autant plus la résistance que l'écart de dimension de leurs diamètres est plus grand. Dans le cas de la bicyclette, l'effet est le même que si le cycliste appuyait sur un bras de levier d'autant plus long que la rampe à gravir est plus dure. En conséquence, le meilleur changement de vitesse serait celui qui comporterait un assez grand nombre de combinaisons pour obtenir le même effet avec le même effort, quelle que puisse être la résistance à vaincre.



ORGANES DE CHANGEMENTS A SIX VITESSES

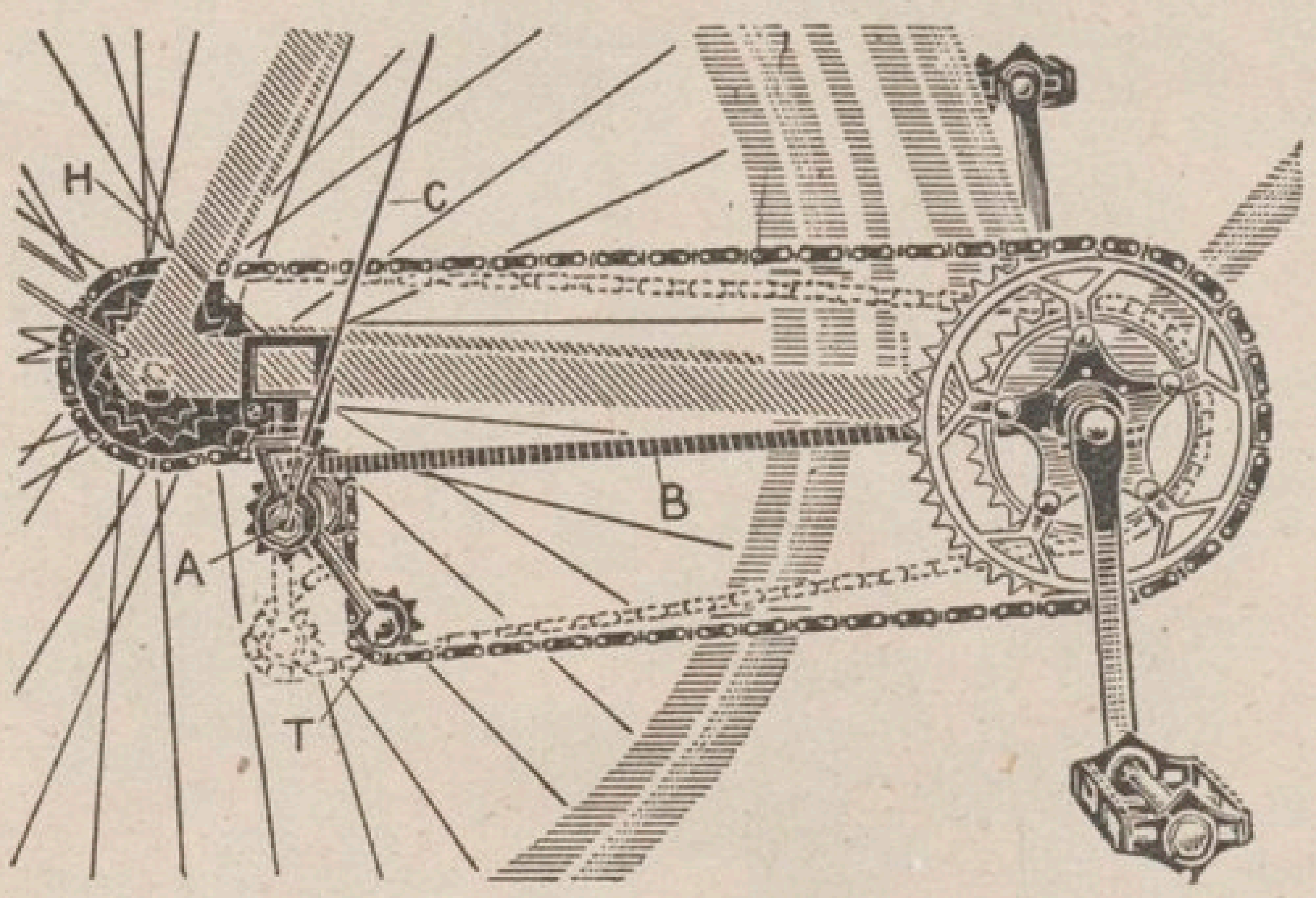
H, *support du tendeur ;* T, *tendeur portant deux petits pignons supportant la chaîne ;* A, *axe du tendeur ;* B, *ressort du tendeur prenant appui sur le tube de la fourche arrière ;* C, *câble de commande ;* 1, 2, 3, *pignons de petite, moyenne et grande vitesse.*

Dans cet ordre d'idées, il existe un appareil démultiplicateur que son inventeur a baptisé le « Chemineau », qui permet d'obtenir jusqu'à six vitesses différentes et qui a l'avantage de pouvoir s'adapter, sans transformation importante, à toute bicyclette. Il se compose de trois pièces principales : la roue libre, le tendeur-baladeur et la commande.

La roue libre est montée d'après le principe classique : une couronne à rochets, deux cliquets à ressorts et deux rangées de billes.

Trois pignons dentés sont très solidement fixés sur la couronne de la roue libre ; ils sont interchangeables à volonté.

Le tendeur-baladeur est constitué par un bras portant deux galets dentés montés sur billes ; ce bras coulisse sur un axe *A* renfermant un ressort. Le baladeur est actionné, dans un sens par la commande *C* et dans l'autre sens par le ressort de rappel contenu dans l'axe *A*. Comme son nom l'indique, ce baladeur promène la chaîne en face de chacun des trois pignons de la roue libre, et, au fur et à mesure qu'elle passe sur des pignons différents, il la tend automatiquement à l'aide d'un grand ressort à boudin *B* accroché à l'extrémité du bras et prenant appui sur le tube de la fourche arrière, près du pédalier. Ce ressort, très long, est suffisant pour provoquer la tension de la chaîne dans les trois positions, mais il permet encore d'ajouter un deuxième pignon plus petit, de dix-huit dents, sur le pédalier, qui donne, conjugué avec les pignons de la roue libre, trois vitesses supplémentaires plus réduites. On obtient ainsi très facilement toute une gamme de multiplications, depuis 2 m. 50 jusqu'à 7 mètres de développement.



DÉTAIL DU MONTAGE DE LA CHAINE

H, *support du tendeur ;* T, *tendeur ;* A, *axe du tendeur ;* B, *ressort à boudin du tendeur ;* C, *câble de commande. — Les traits noirs montrent la chaîne du grand jeu en petite vitesse ; le pointillé, la chaîne du petit jeu en petite vitesse.*

La commande du baladeur se fait à l'aide d'un câble actionné par une manette fixée au cadre de la bicyclette. Trois crans taillés sur un secteur arrêtent la manette aux points correspondants aux trois vitesses.

Lorsque l'on désire passer d'une vitesse à une autre, il suffit, tout en pédalant, de manœuvrer la manette qui commande le baladeur ; celui-ci, en se déplaçant, entraîne la chaîne qui saute d'un pignon à l'autre avec la plus grande facilité.

La longueur de la chaîne reste la même dans tous les cas ; le bras tendeur *T* se charge automatiquement de la régler. Toutefois, on peut admettre que ce réglage est bon lorsque, avec le dispositif à trois vitesses, c'est-à-dire avec un seul pignon au pédalier, la chaîne étant en vitesse moyenne, le bras tendeur se trouve perpendiculaire au sol et lorsque, avec le dispositif à six vitesses, la chaîne étant à la grande vitesse du grand jeu ou à la petite vitesse du petit jeu, le tendeur est également perpendiculaire au sol.

Nous avons dit plus haut que les changements de vitesse devaient se faire en pédalant, au contraire de ce qui se fait avec les moyeux à changements par engrenages qui n'opèrent bien qu'en roue libre. Il est aisé de comprendre, en effet, que la machine étant au repos, l'on aura beau tirer sur le câble de commande, le système ne pourra se déplacer, la chaîne le maintenant. Si l'on insiste même, le câble se brisera à la soudure. En faisant, par exemple, 20 kilos de force sur la manette de commande du câble, celle-ci, démultipliant neuf fois sa course, multipliera neuf fois l'effort fourni, et, par suite, exercera à ce moment 180 kilos de traction sur le câble. Celui-ci résistera bien, mais aucune soudure ne pourra soutenir un pareil effort sur une aussi faible surface (huit dixièmes de millimètre). Petite éducation à faire du jarret qui, comme dans la locomotion automobile, s'est habitué à débrayer, c'est-à-dire à supprimer l'action du moteur pour passer d'une vitesse à une autre.

Suivant le nombre des dents des pignons du pédalier et celui des trois pignons montés sur le moyeu de la roue arrière, les combinaisons de vitesses peuvent se varier une cinquantaine de fois. Une multiplication normale, qui permet d'obtenir des vitesses très suffisantes et aussi de se tirer de tous les passages difficiles, consiste à adapter, d'une part, sur la roue arrière, trois pignons de 15, 18 et 24 dents, et, d'autre part, au pédalier deux pignons de 42 et 28 dents ; on obtient ainsi six vitesses qui sont, au grand jeu, de 6 m. 50, 5 m. 10 et 3 m. 85, et, au petit jeu, de 4 m. 40, 3 m. 40 et 2 m. 50. On peut alors franchir toutes les côtes.

LA CONSERVATION DES INSECTES EN MÉNAGERIE OU EN COLLECTION

Par Alphonse LABITTE

ATTACHÉ AU LABORATOIRE DE BIOLOGIE SOUTERRAINE (HAUTES ÉTUDES)

Lorsqu'on veut créer une ménagerie ou former une collection d'insectes, il faut d'abord se procurer... des insectes.

Le meilleur moyen, c'est d'en faire la chasse avec intelligence et méthode, de les capturer et de les rapporter chez soi.

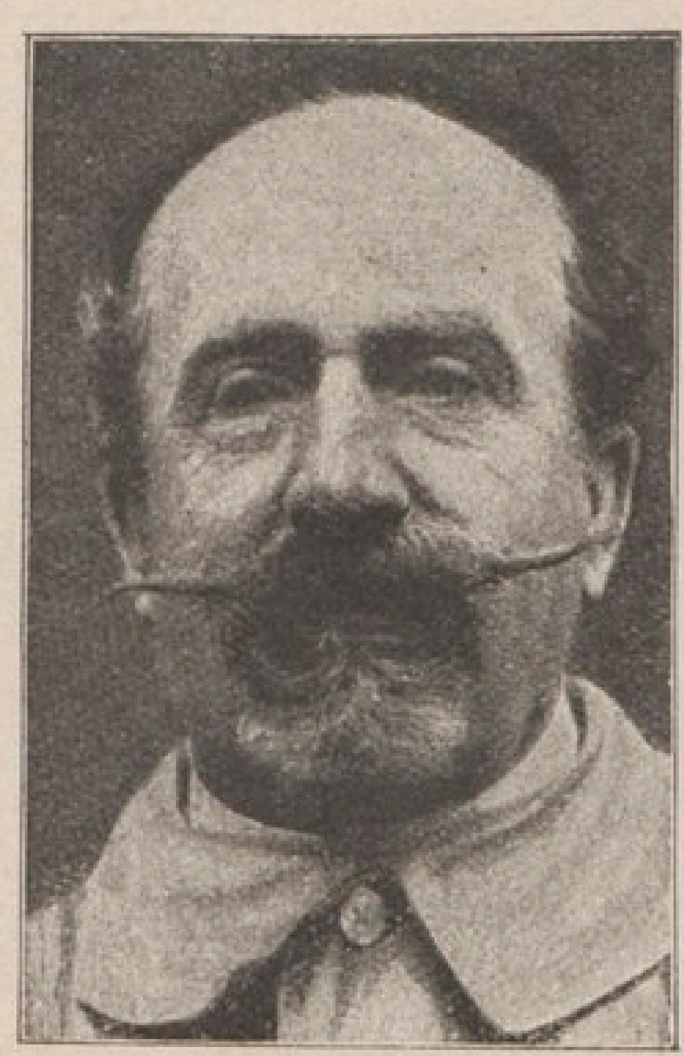
La chasse aux insectes est non seulement un sport agréable, mais elle est encore un exercice salutaire et une source de jouissances intellectuelles. Elle permet de connaître ce petit monde des insectes, si merveilleux, si curieux dans tous ses états, dans tous ses aspects, sous toutes ses formes.

Elle apprend à discerner l'insecte utile de celui qui est nuisible, formant ainsi l'esprit à l'observation, si nécessaire dans la vie, lui donnant le désir de mieux connaître la nature et les innombrables petits êtres qui la peuplent.

Les insectes capturés sont ensuite étudiés par le chasseur ; il en cherche et il en détermine la famille, le genre, l'espèce. S'il les conserve vivants, les destinant à devenir les hôtes de sa ménagerie, il leur donnera un habitat où ils auront les aliments qui leur conviennent, avec l'apparence des aises qu'ils avaient dans leur liberté. Il observera leurs mœurs, leur reproduction, leurs métamorphoses, leur vie. Il sera amené à faire l'analyse de ce monde extraordinaire, et en éprouvera des surprises et des joies sans cesse renouvelées.

S'il fait une collection d'insectes morts, il aura devant lui le temps pour l'étude, les rassemblant scientifiquement, avec méthode, soit au point de vue agricole, distinguant les bestioles qui rendent des services à l'homme, de celles qui lui nuisent, soit au point de vue biologique, psychologique, etc.; réunissant en même temps tous les documents concernant leurs nids, leurs travaux ; tous les matériaux qui constituent leurs dégâts — telle la collection admirable, unique peut-être, formée à la galerie d'Entomologie appliquée au Museum national d'Histoire naturelle de Paris, sous l'habile et intelligente direction de M. le professeur Bouvier.

Il pourra faire enfin des collections *pittoresques*, c'est-à-dire qu'il constituera un musée de types de tous les ordres, choisis avec soin comme spécimens de beauté, d'originalité et de curiosité.



M. ALPHONSE LABITTE

La chasse aux insectes nécessite divers instruments ; je ne signalerai ici que les principaux, les plus indispensables.

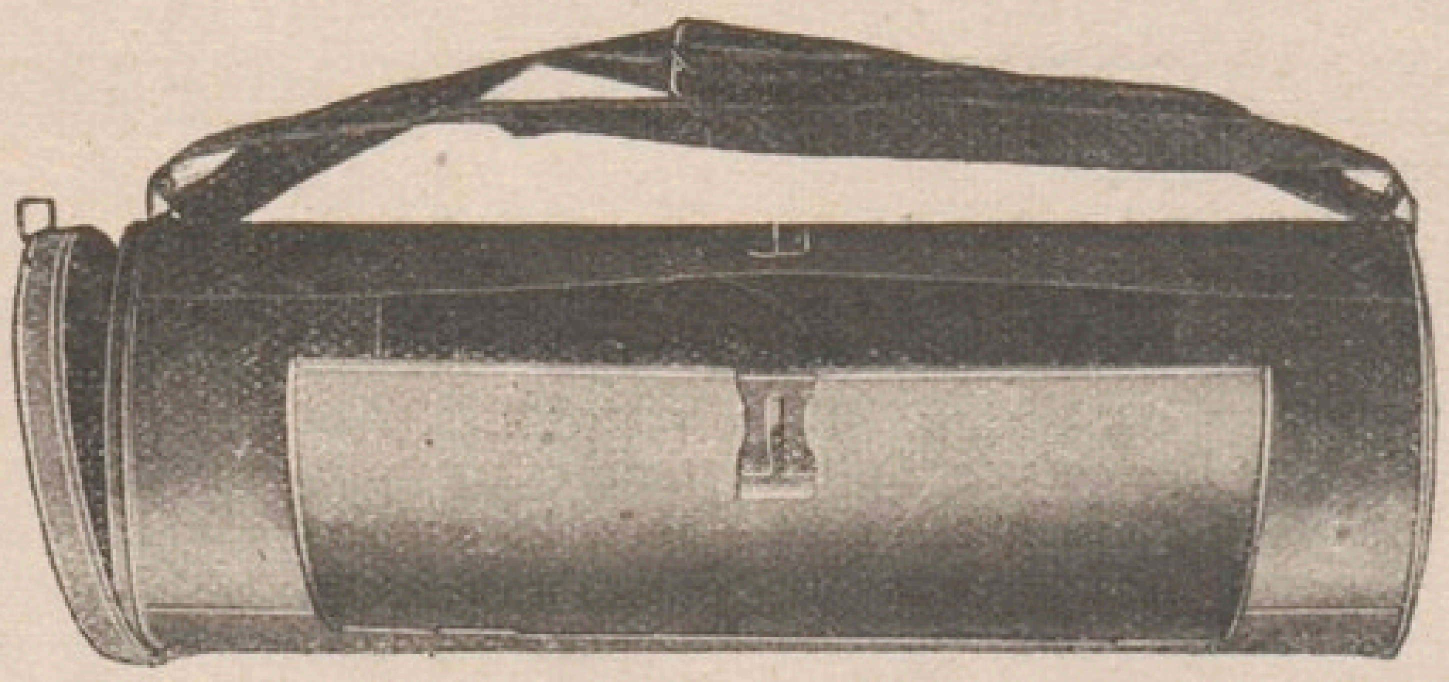
Pour tous les insectes qui volent, un filet à papillon est obligatoire ; avec cet engin, on capture : papillons, libellules, sauterelles, mouches, etc.

Pour s'emparer des coléoptères, les doigts peuvent suffire, mais certaines personnes ont une appréhension à saisir avec la main un Lucane, parce qu'il a de grandes mandibules, ou un Géotrupe, parce qu'il vit dans le crottin ; on les prend alors avec des pinces spéciales pour la capture des insectes, qu'on nomme *pinces de chasse*, et qu'on trouve chez tous les naturalistes à 2 francs la douzaine.

On doit se munir d'un *écorçoir* articulé tenant peu de place. Cet écorçoir est composé d'une lame et d'une mèche servant à fouiller les troncs des arbres, à piocher la terre, en même temps qu'à enlever les écorces des bois vermoulus ou morts dans lesquels se retirent les larves et certains coléoptères.

Pour rapporter chez soi le produit de la chasse, je conseille la boîte à botanique ordinaire, avec compartiment à l'un des bouts. On place les insectes vivants dans ce petit compartiment ; dans la boîte prennent place les bois, les plantes parasites, tous documents se rapportant aux individus capturés.

Dans un sac ou gibecière quelconque, on emportera quelques boîtes en fer-blanc — une des plus pratiques est la boîte à coléoptères, à double ouverture, percée de petits trous ou grillagée ; — des boîtes d'allumettes en certaine quantité, etc., de manière à enfermer séparément les carnassiers qui pourraient manger les herbivores ou se dévorer entre eux dans le trajet de retour.

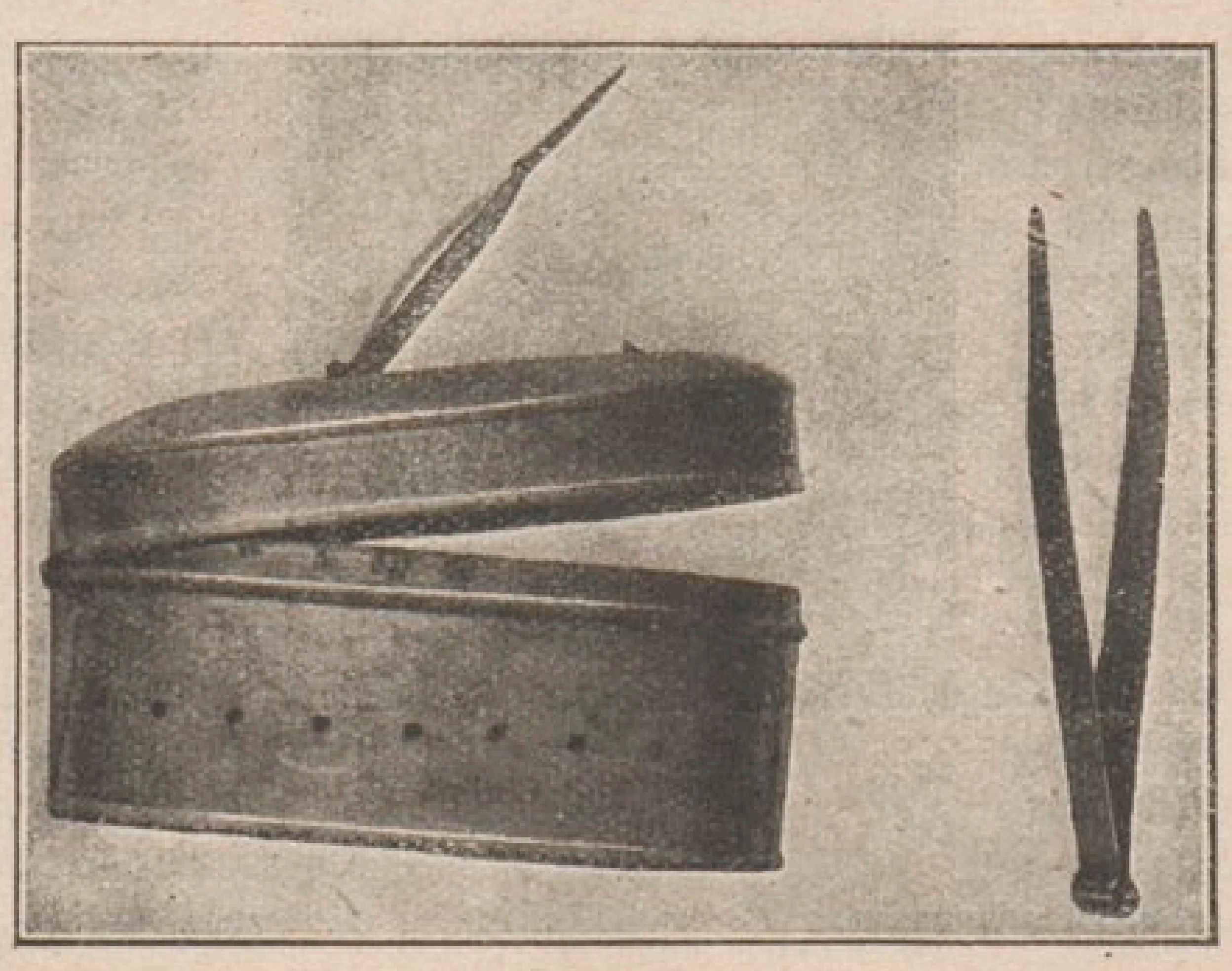


TYPE COURANT DE BOITE A BOTANIQUE

Pour la chasse aux insectes, cette boîte est plus pratique que les boîtes plates en fer-blanc. Dans le grand compartiment, on peut placer les plantes, les rameaux, les écorces nécessaires à la vie des insectes qu'on a capturés, et dans le petit compartiment liégé de gauche, on pique les bestioles, qu'on a préalablement tuées dans un flacon de cyanure.

Dans les boîtes en fer-blanc, on peut aussi emprisonner les chenilles avec les feuilles sur lesquelles on les a trouvées ; mais on ne doit jamais mettre avec elles des coléoptères ou d'autres insectes qui les gêneraient ; les chenilles sont très délicates, très sensibles, le moindre attouchement leur est désagréable et peut nuire à leur transformation.

Beaucoup de personnes ont encore un préjugé — comment dire ? — ridicule — dont elles doivent se débarrasser : elles pensent que les chenilles sont venimeuses, elles les redoutent, car elles éprouvent pour ces bêtes de la répulsion et un dégoût extrême.



BOITE EN FER-BLANC POUR INSECTES VIVANTS ET PINCE DE CHASSE

Le couvercle de la boîte est muni d'une ouverture permettant d'introduire les nouvelles captures sans que celles déjà enfermées puissent s'échapper.

On doit vaincre ce préjugé. Aucune chenille n'est dangereuse, ni venimeuse, ni dégoûtante. On peut les manipuler sans crainte, exception faite pour les chenilles processionnaires du chêne et du pin *(Bombyx processionna* et *Bombyx pythyocampa)* dont les démangeaisons insupportables sont dues non à leur venin mais à leurs poils qui se piquent dans la peau. D'ailleurs, ces deux espèces sont relativement faciles à reconnaître.

Il en est de même pour les larves capturées : elles sont, en général, très fragiles ; elles doivent être mises dans la boîte avec la matière où elles vivaient : bois, sciure, mousses, etc., etc...

Le *filet-fauchoir* est composé d'un cercle en fil de fer et d'un sac en toile. Il sert à recueillir les insectes qui se tiennent sur les plantes basses, les graminées, les luzernes. On s'en sert, comme le faucheur se sert de sa faux, de manière que les insectes tombent dans le filet par suite du choc produit sur les plantes.

On peut aussi se servir du filet-fauchoir pour pêcher dans les mares les insectes aquatiques.

Il existe beaucoup d'autres instruments de chasse ; on en trouvera la nomenclature dans les catalogues des marchands naturalistes ; je n'indique ici que le matériel indispensable pour rapporter chez soi des insectes vivants qu'on destine à l'élevage et à l'observation.

Si nous chassons les insectes pour les collectionner, nous ajouterons à ce matériel un flacon à cyanure : c'est le produit qui tue les bestioles avec la plus grande rapidité.

On se procure ce flacon chez les marchands d'ustensiles d'histoire naturelle. A défaut de cyanure, on peut plonger les bêtes dans la benzine ou dans l'essence ; il faut les y laisser un certain temps, car il arrive que les par

vrettes, fermant leurs stigmates, refusent l'absorption du liquide meurtrier et mettent plusieurs minutes à mourir. Evitons autant que nous le pouvons la souffrance à ceux que nous destinons, pour nos études, à la mort.

Lorsque nous avons pris un de ces petits êtres qui nous occupent, ne le piquons pas avant de l'avoir tué, cela est atroce. Le martyre qu'il endure lorsqu'il a une épingle qui le traverse de part en part doit être pour lui épouvantable !

Beaucoup de naturalistes se contentent de serrer dans les doigts ou avec la pince, lorsqu'il est pris dans le filet, le thorax d'un papillon; ils le piquent ensuite dans leur boîte de chasse et ne s'en préoccupent plus. Or, souvent, les trois quarts, quelquefois la totalité des insectes ainsi traités ne sont que blessés, peut-être à mort, mais ils vivent encore assez pour cruellement souffrir dans une lente agonie. On en a vu qui parvenaient à déraciner l'épingle et à s'envoler avec cette épingle dans le corps lorsqu'on ouvrait la boîte.

Quelques chasseurs, plus humains, les piquent et leur versent aussitôt quelques gouttes d'éther. L'insecte semble mort après cette opération. Détrompez-vous, la plupart du temps il n'est qu'engourdi; au bout de quelques instants il se ranime à tel point que, s'il est mal piqué, il peut reprendre son vol, emportant aussi son instrument de supplice.

FLACON A CYANURE POUR TUER RAPIDEMENT LES INSECTES

On peut se procurer du cyanure de potassium chez tous les marchands naturalistes. A son défaut, on mettra dans le flacon, jusqu'au tiers de sa hauteur, de l'ouate, ou de la sciure de bois humectée de benzine, d'essence de térébenthine, mais la mort de l'insecte sera plus lente.

On peut, en toutes saisons, faire la chasse aux insectes. Dans les mares, les étangs, pendant toute l'année, même en hiver, surtout s'il est peu rigoureux, on trouve les Hydrophiles, les Hydrocanthares, et, en général, les insectes aquatiques ; la saison où ils sont le plus abondants, où la chasse est très fructueuse, est celle de l'automne.

Dès février, aux premiers rayons d'un soleil encore hivernal, les insectes, qui ont passé les jours froids dans l'attente du renouveau, sortent de leur abri ; on doit les chercher sous les pierres, sous les mousses, au pied des arbres, le long des cours d'eau.

En mars, on visite les fagots, les sablonnières, etc... En avril, le soleil, devenu plus chaud, les insectes, surtout les petits coléoptères, les scolytes, les hylésines, etc., se montrent sur les troncs d'arbre ; on en rencontre un peu partout, s'envolant des herbes et des buissons.

Le filet de soie et le fauchoir deviennent nécessaires jusqu'en octobre; ils doivent faire partie du bagage journalier du chasseur d'insectes.

De retour au logis, nous plaçons dans des cages vitrées et couvertes de toile métallique, ou dans des bocaux qu'on trouve facilement dans le commerce, recouverts aussi d'une toile métallique, d'un garde-manger, par exemple, les bestioles rapportées vivantes.

Si ce sont des Coléoptères à élytres soudées, comme les *Carabes*, les *Blaps*, etc., on peut laisser les habitats sans fermeture; les parois de verre ne prêtent pas à la montée et, par conséquent, à l'évasion de prisonniers.

Ces cages et bocaux sont emplis de terreau ou de terre de bruyère à un tiers environ de leur hauteur ; puis on place de la mousse, du vieux bois, des pierres, du sable, etc. ; on sème même un peu de gazon si les diamètres de la cage ou du bocal le permettent, de manière à donner aux insectes qu'on y renferme l'illusion du terrain qu'ils recherchent dans la nature, où ils vivent habituellement.

Les insectes aquatiques, comme les Dytiques, les Hydrophiles, les larves de Libellules, etc., sont placés dans des bacs doubles, c'est-à-dire que, dans un premier bac, de grand diamètre, on en place un autre d'un diamètre moindre. On remplit d'eau le premier jusqu'à niveau du second qui doit être tou-

jours d'une hauteur inférieure au premier ; le petit bac est rempli lui-même de terreau, formant ainsi une île où les insectes peuvent aborder, et leurs larves, s'y métamorphoser facilement.

Si ce sont des chenilles qu'on désire étudier et élever pour en obtenir les papillons, on prend encore un bac, ou une cage dans lesquels on met du terreau avec quelques feuilles mortes ou de la mousse dans le fond ; dans ce terreau, on enterre un flacon, un récipient quelconque contenant de l'eau où l'on plonge le rameau ou la plante dont les chenilles se nourrissent.

En général, ces chenilles se chrysalident sur le rameau, dans le terreau ou encore sous les feuilles.

(Voir *La Science et la Vie* Octobre 1913).

Il est une observation qu'on a peu faite jusqu'ici, on ne sait pourquoi, et qui, pourtant, a un intérêt très réel : c'est celle qui a rapport à l'hivernage des insectes adultes.

On sait, en général, qu'après que l'insecte a accompli sa mission qui est de s'accoupler et de procréer, il meurt. Il meurt aussi lorsque les beaux jours ont disparu, que les brouillards, les pluies, et les gelées sont venus à l'arrière-saison apporter leur deuil et leur tristesse sur la terre désolée.

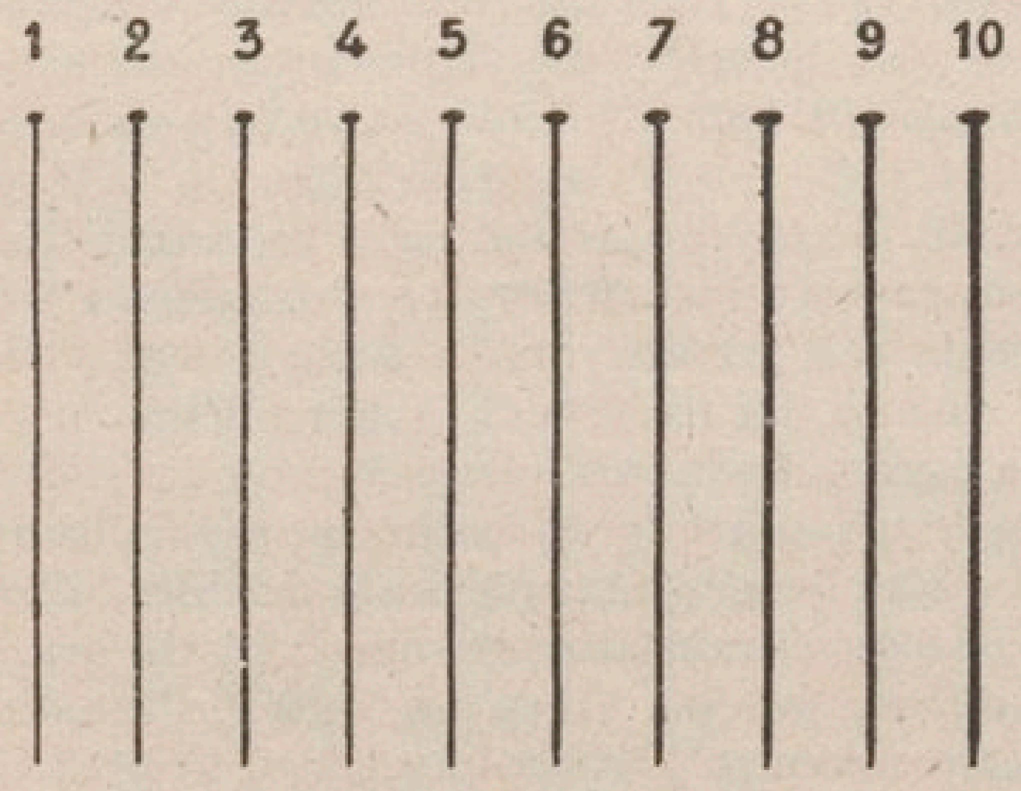
Cependant, certaines espèces d'insectes échappent à cette loi naturelle.

Le nombre de ces privilégiés du temps est plus grand qu'on ne le croit ; quelques-uns même atteignent plusieurs années d'existence, témoin le *Blaps gigas*, qui est entré dans sa dixième année d'existence de prisonnier à l'état adulte depuis le 6 juillet 1919.

Il est vraisemblable que des individus appartenant à tous les ordres des insectes, hivernent. Si, dans l'ordre des Coléoptères, nous prenons la grande famille des *Carabides*, généralement, quand arrive l'automne, si les froids sont précoces, mais toujours avant les gelées, la plupart des individus de cette famille se réfugient au pied des arbres ; ils se tiennent tapis sous la mousse ; si le froid se fait plus sentir, ils s'enterrent à une faible profondeur ; enfin, si la température devient tout à fait

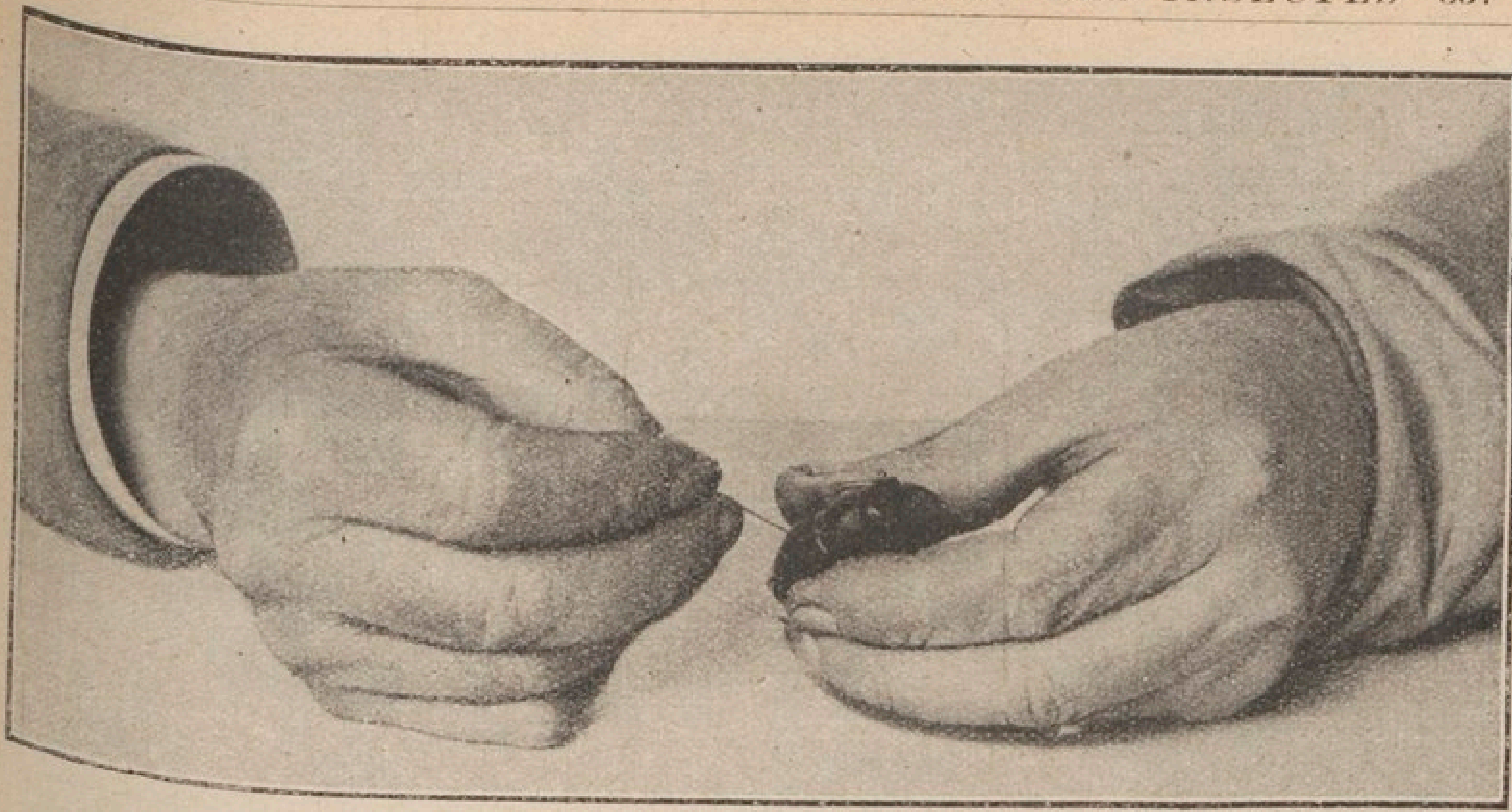
PARAPLUIE POUR RÉCOLTER LES INSECTES

Le manche de ce parapluie a une ou deux brisures pour faciliter son transport. On le tient renversé sous les branches, qu'on frappe à petits coups secs avec un bâton, et les insectes tombent.



ÉPINGLES SPÉCIALES POUR PIQUER LES INSECTES APRÈS ASPHYXIE DANS LE FLACON DE CYANURE DE POTASSIUM

Suivant la taille des insectes, on emploie tel ou tel numéro d'épingle; il est naturel que plus l'insecte est petit, plus l'épingle doit être mince. Si le n° 1 semble encore trop fort pour traverser le corps de l'insecte, on le pique avec un fil d'argent très mince, qu'on fixe sur un morceau de liège ou de moelle de sureau, traversé par une épingle plus forte. On peut encore coller les petits insectes sur des plaquettes de mica ou sur une carte. Le mica a l'avantage d'être transparent. La base de chaque plaquette est garnie d'une bandelette de papier que traverse l'épingle, de manière à éviter la cassure du mica.



LA MEILLEURE MÉTHODE POUR PIQUER UN COLÉOPTÈRE

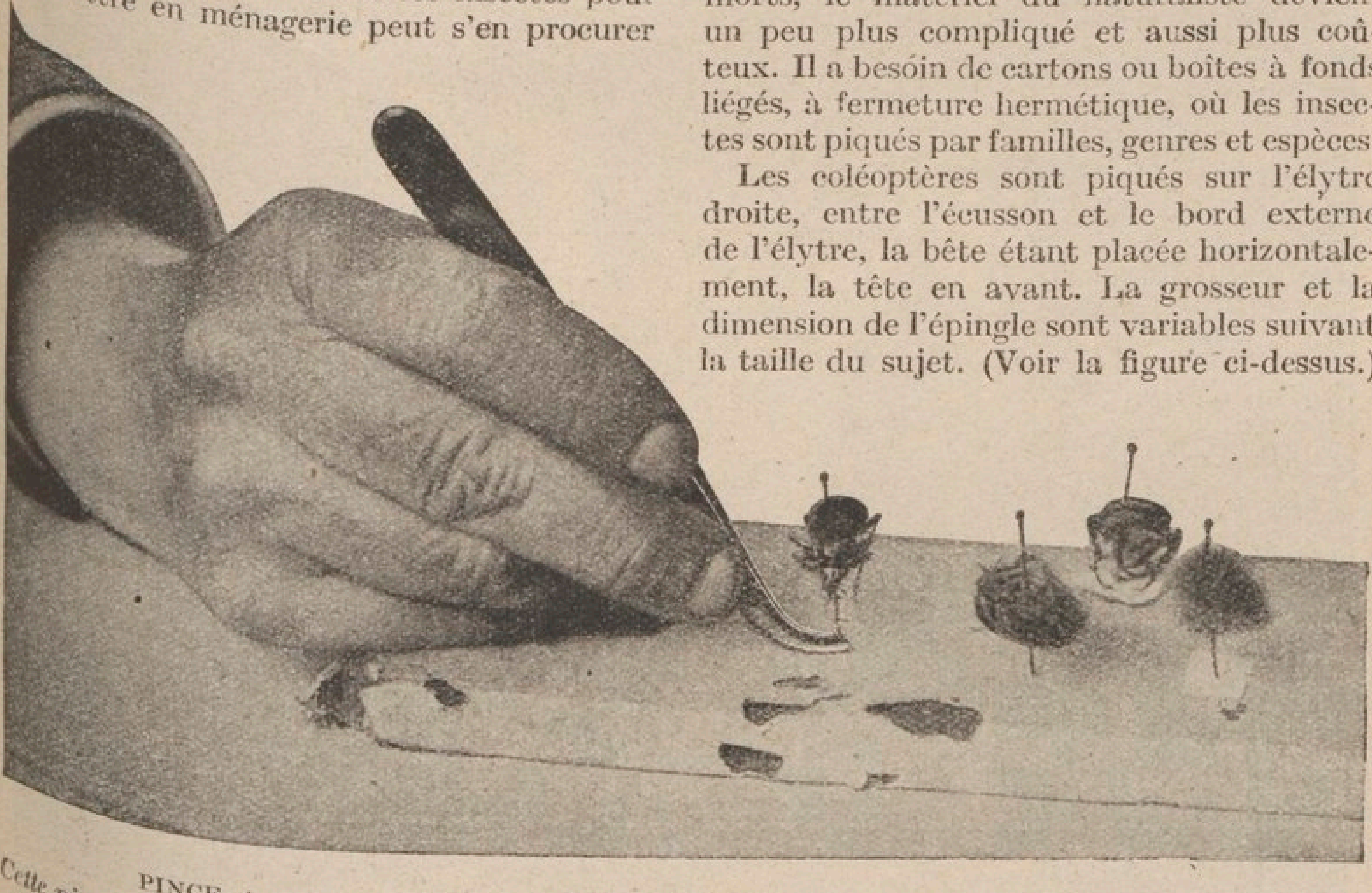
On tient l'insecte, sans trop le comprimer, entre le pouce et l'index de la main gauche; de la droite, on enfonce l'épingle sur l'élytre droite, l'insecte ayant la tête en haut, entre l'écusson et le bord externe de l'élytre. Tous les insectes doivent être piqués à la même hauteur, de manière à obtenir, lorsqu'ils sont rangés dans la boîte à collection, une ligne parfaitement régulière.

glaciale, si les pluies sont persistantes, et, par cela, devenues pénétrantes, si l'hiver est exceptionnellement rigoureux, ils s'enfoncent en terre plus profondément.

Comme on le voit, en toute saison, en tout temps, celui qui recherche les insectes pour les mettre en ménagerie peut s'en procurer s'il les chasse avec méthode ; il lui sera possible de les conserver vivants pendant assez longtemps, en s'inspirant des quelques renseignements qui précèdent.

Pour former une collection d'insectes morts, le matériel du naturaliste devient un peu plus compliqué et aussi plus coûteux. Il a besoin de cartons ou boîtes à fonds liégés, à fermeture hermétique, où les insectes sont piqués par familles, genres et espèces.

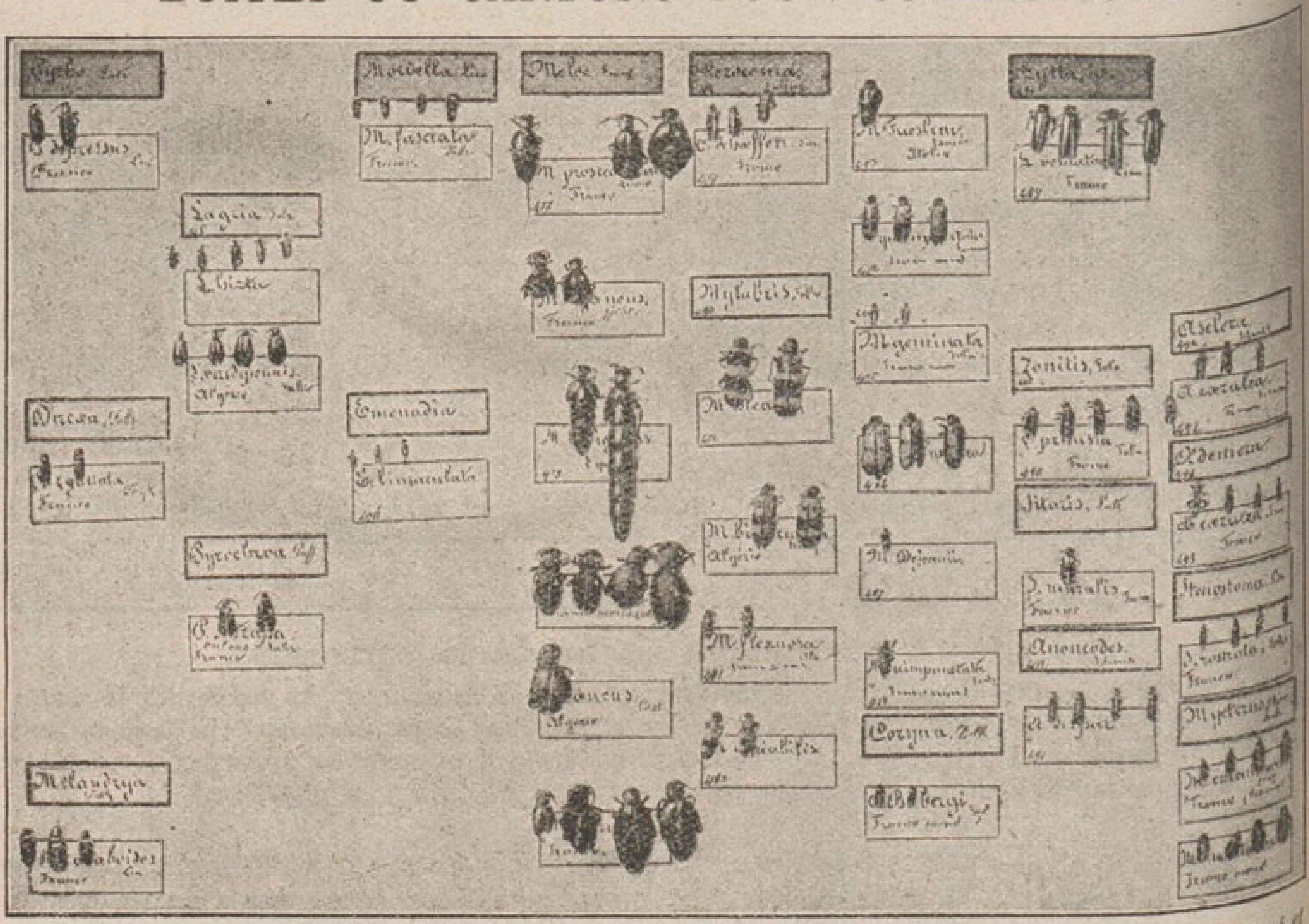
Les coléoptères sont piqués sur l'élytre droite, entre l'écusson et le bord externe de l'élytre, la bête étant placée horizontalement, la tête en avant. La grosseur et la dimension de l'épingle sont variables suivant la taille du sujet. (Voir la figure ci-dessus.)



PINCE A PIQUER DE FORME SPÉCIALE ET MANIÈRE DE S'EN SERVIR

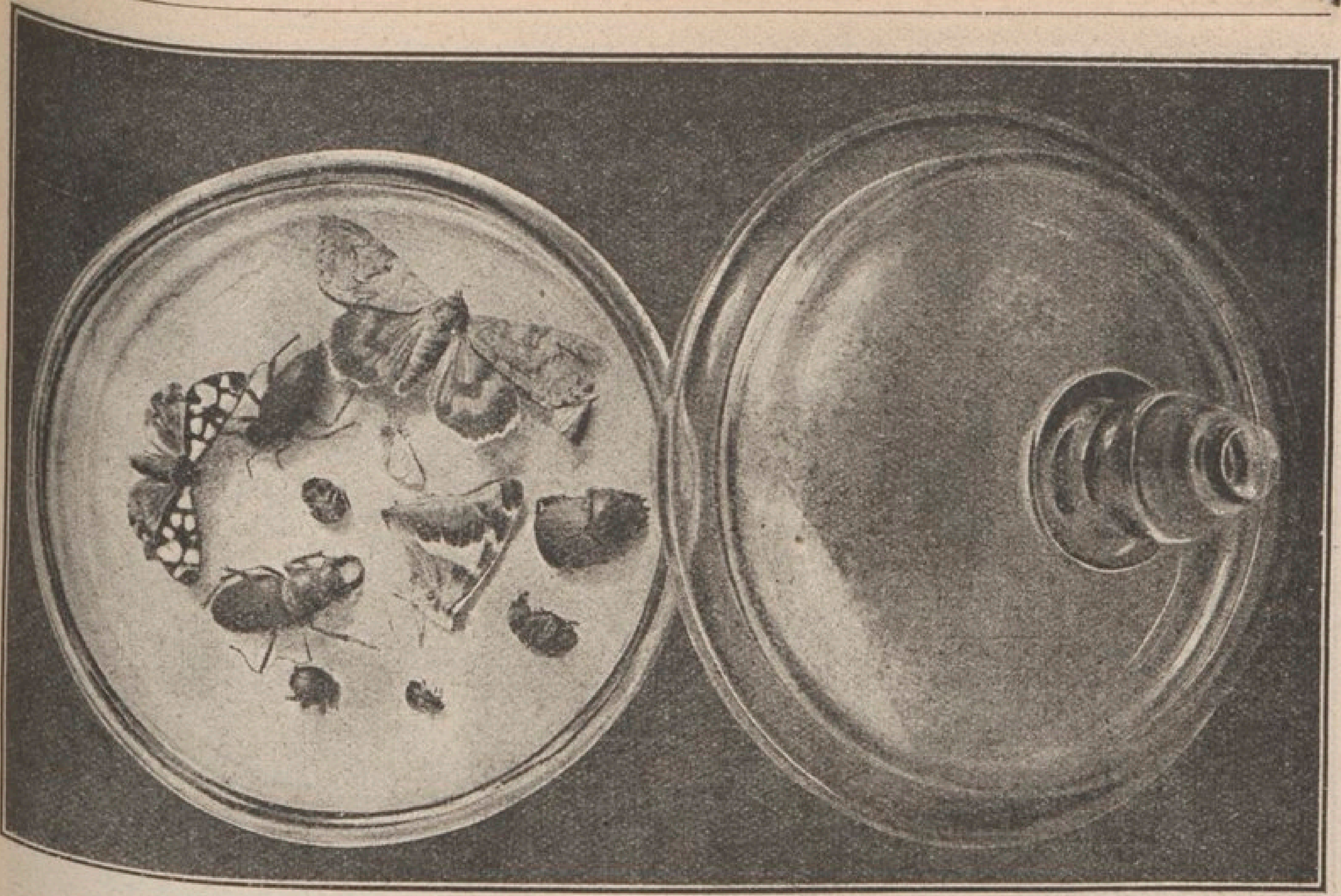
Cette pince, aux branches recourbées et striées, sert pour enfoncer les insectes dans le liège ; elle permet de prendre l'épingle qui a traversé l'insecte dans sa partie inférieure, non loin de la pointe. On doit piquer l'insecte bien verticalement. Avec les doigts, on risque fort de briser l'insecte ou de plier l'épingle.

BOITES OU CARTONS POUR COLLECTIONS



Ces boîtes se font de plusieurs dimensions (26 × 19 ½, 59 × 26) ; le couvercle est cartonné ou vitré et le fond est garni de liège pour y piquer méthodiquement les insectes.

Cette boîte d'entomologie agricole renferme une collection d'insectes nuisibles, sous leurs différents états, et une série d'échantillons des dégâts commis par eux.



« RAMOLLISSOIR » EN VERRE AVEC CLOCHE FORMANT COUVERCLE

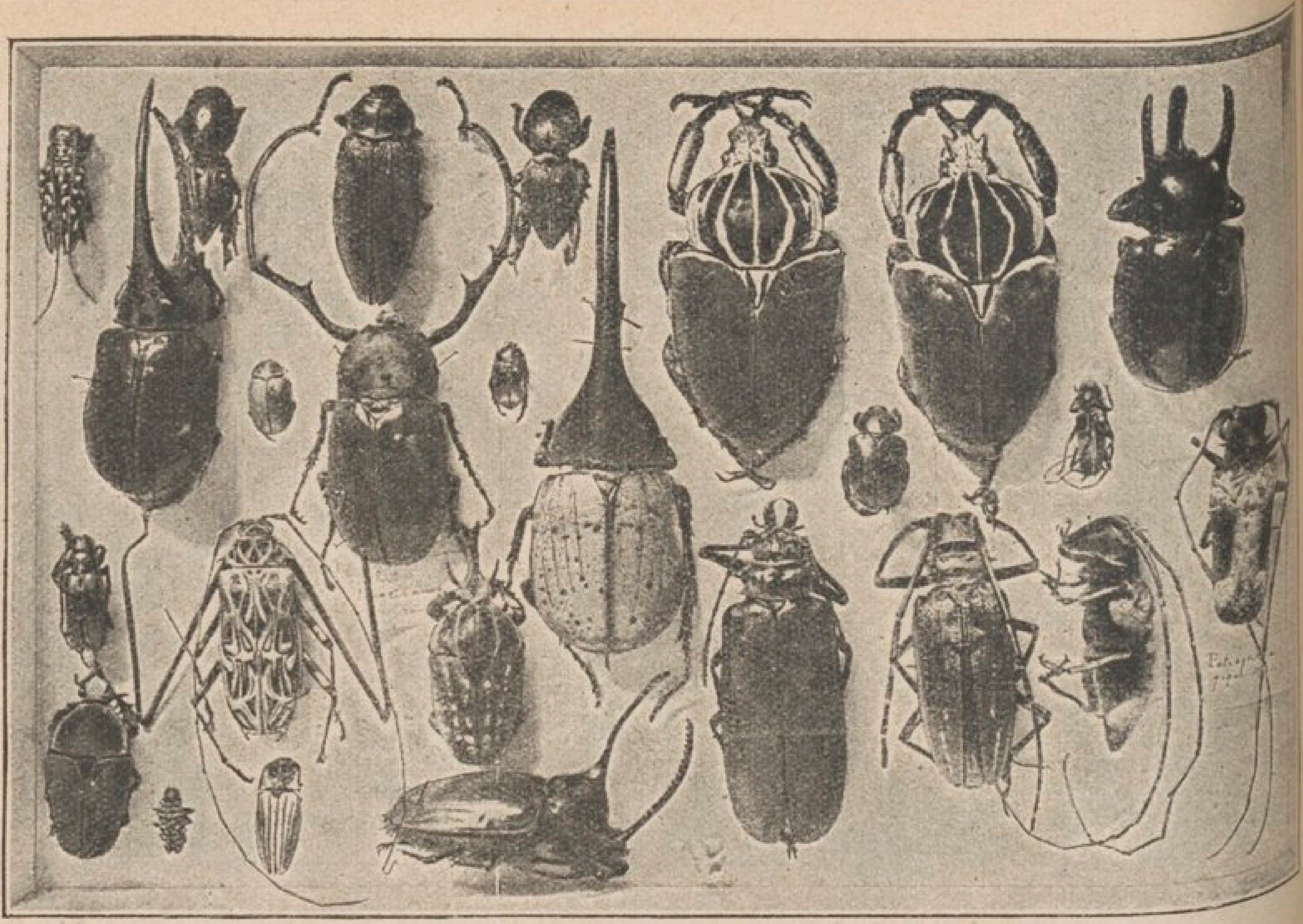
On met dans le récipient du sable fin ou du grès pulvérisé et humide; on le recouvre d'une cloche, après y avoir placé les insectes desséchés et qu'il est nécessaire d'assouplir, afin de permettre aux articulations de prendre leur position normale et éviter ainsi de briser les bestioles.

On colle les insectes minuscules sur de petits rectangles de carton au moyen d'une préparation de gomme mêlée d'acide phénique pour mieux les conserver. Afin de voir l'animal sous ses deux faces, on en colle deux, un sur l'abdomen, et l'autre sur le dos.

Si l'on n'a pu piquer les insectes au retour de la chasse — ce qu'il vaut mieux toujours faire parce que les téguments sont restés souples — s'ils ont séché, et, par conséquent, sont devenus cassants, on peut leur rendre leur souplesse en les mettant dans un ramollissoir. C'est un ustensile composé d'une sorte de cuvette ou de bac en verre qu'on a empli à moitié de sable fin, humide, un peu phéniqué et qu'on recouvre d'une cloche semblable à celle dont on se sert pour recouvrir les fromages. On pose les insectes sur le sable en

LE SÉCHAGE DES INSECTES PIQUÉS AVANT LA MISE EN COLLECTION

Avant de renfermer les insectes dans les boîtes à collection, dont nous avons donné les modèles à la page précédente, il est absolument nécessaire de les faire sécher. On les pique sur une planchette de liège, qu'on place dans une armoire aérée, à l'abri des poussières, jusqu'à complète dessiccation.



COLLECTION D'INSECTES D'ESPÈCES EXCEPTIONNELLES ET ASSEZ RARES

On peut voir, dans la boîte représentée ici, des spécimens de scolopendres, d'araignées, de fourmis et de cancrelats exotiques. Certains types y figurent en double.

les y laissant un temps indéterminé, suivant leur taille, jusqu'à ce que leurs membres ne présentent plus aucune espèce de raideur.

Afin de ne pas tordre l'épingle lorsqu'on l'enfonce dans le liège qui garnit le fond de la boîte à collection, on emploie une *pince à piquer ;* elle est d'une grande utilité en la circonstance. Avec cette pince, on enserre l'épingle au-dessous de l'insecte, la tenant verticalement au-dessus de l'endroit où elle doit prendre place. Les insectes sont rangés sur une même ligne, assez rapprochés les uns des autres, sans se toucher et piqués à la même hauteur.

CHENILLE ET LARVE SOUFFLÉES

La chenille est celle de la Saturna pyri *(grand paon de nuit) et la larve est celle du* Melolonta vulgaris *(hanneton).*

Les papillons sèchent très vite; si on attend tant soit peu pour les étaler, ils ont presque toujours perdu leur flexibilité. On devrait donc les ramollir, comme il a été dit pour les coléoptères ; mais ils ont des organes très délicats et leurs ailes sont fragiles; il faut, par suite, les manipuler avec précaution. Ils s'assouplissent assez vite et doivent être surveillés, car un séjour trop prolongé dans l'humidité leur serait nuisible.

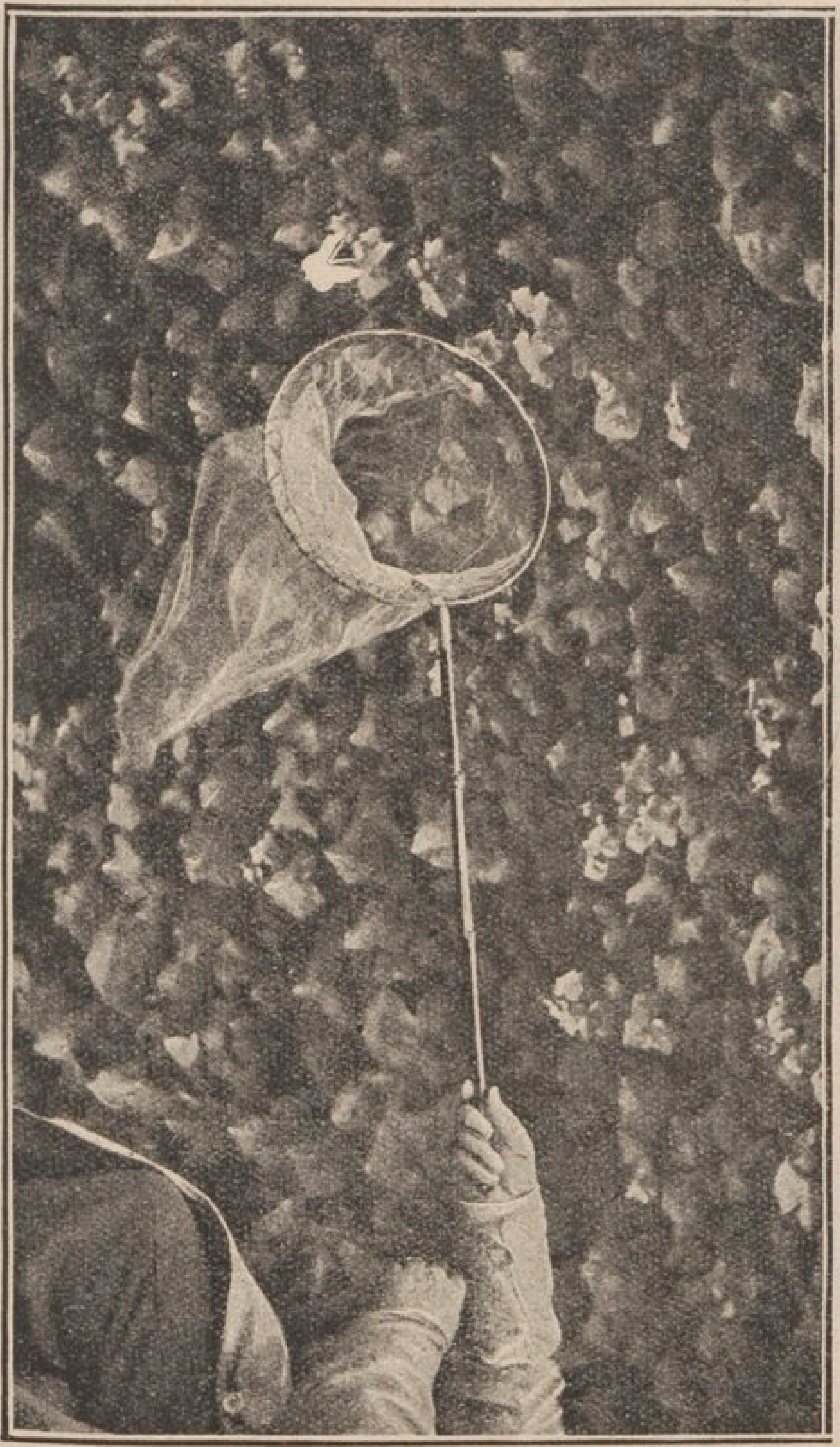
Le ramollissement exige en moyenne douze heures pour les papillons des types diurnes et vingt-quatre heures pour les sphinx et tous les gros nocturnes.

Quand les papillons sont devenus bien souples, on les place sur l'*étaloir.* Voici la description que fait Godart de cet ustensile : « On se servira d'abord de planchettes en

bois tendre (peuplier ou bouleau) au milieu desquelles on fera creuser une rainure profonde au moins de huit lignes, mais large en proportion de la grosseur du corps des individus qu'on veut développer, et garnie dans le fond d'une petite bande de liège ou d'agavé. Ces planches devront former un peu le talus de chaque côté de la rainure, et leur surface devra être parfaitement égale, dans toute la longueur de l'étaloir. »

On trouve dans le commerce des étaloirs de toutes les dimensions.

On enfoncera dans le milieu de la rainure, et perpendiculairement à celle-ci, l'épingle qui traverse le corselet du papillon ; puis on attachera à son extrémité antérieure, à l'aide d'aiguilles à tête de cire ou d'émail, une bande de papier, de façon qu'elle n'empêche pas l'aile supérieure de monter aussi haut qu'il est nécessaire ; on fait mouvoir cette aile en la prenant légèrement au-dessous de la principale nervure. Avec la pointe d'une aiguille emmanchée, et pour que cette aile ne se dérange pas, on appuie la bande dessus avec l'index de la main gauche ; on place ensuite l'aile inférieure et on la retient en position en pesant de la même manière sur l'extrémité postérieure de la bande, que l'on arrête ensuite avec une seconde épingle. On fait la même chose pour les deux ailes du côté opposé.



FILET A PAPILLONS AVEC MANCHE EN BAMBOU

Le filet à papillons le plus pratique est celui dont le cercle, en lame d'acier, forme ressort et se plie pour ainsi dire comme un mouchoir. Il est fixé à la canne au moyen d'un écrou et se démonte aussi facilement.

Les papillons se piquent au milieu du corselet. Les Névroptères : libellules, phryganes, etc., sont étalés de la même façon.

En général, l'étaloir est inutile pour la majeure partie des Hyménoptères, Diptères, Hémiptères.

Il en est de même pour les Orthoptères ; mais les sauterelles, criquets, etc., sont conservés bien souvent les ailes étendues ; dans ce cas, l'étaloir est d'un emploi obligatoire.

En outre, lorsque les sujets appartiennent à de grosses espèces et qu'on ne veut pas les vider, on doit les mettre pendant quelque temps dans de la sciure de bois qu'on a humectée de benzine, d'essence de lavande, etc...

Lorsque la dessiccation est faite, on peut les piquer sans inconvénient.

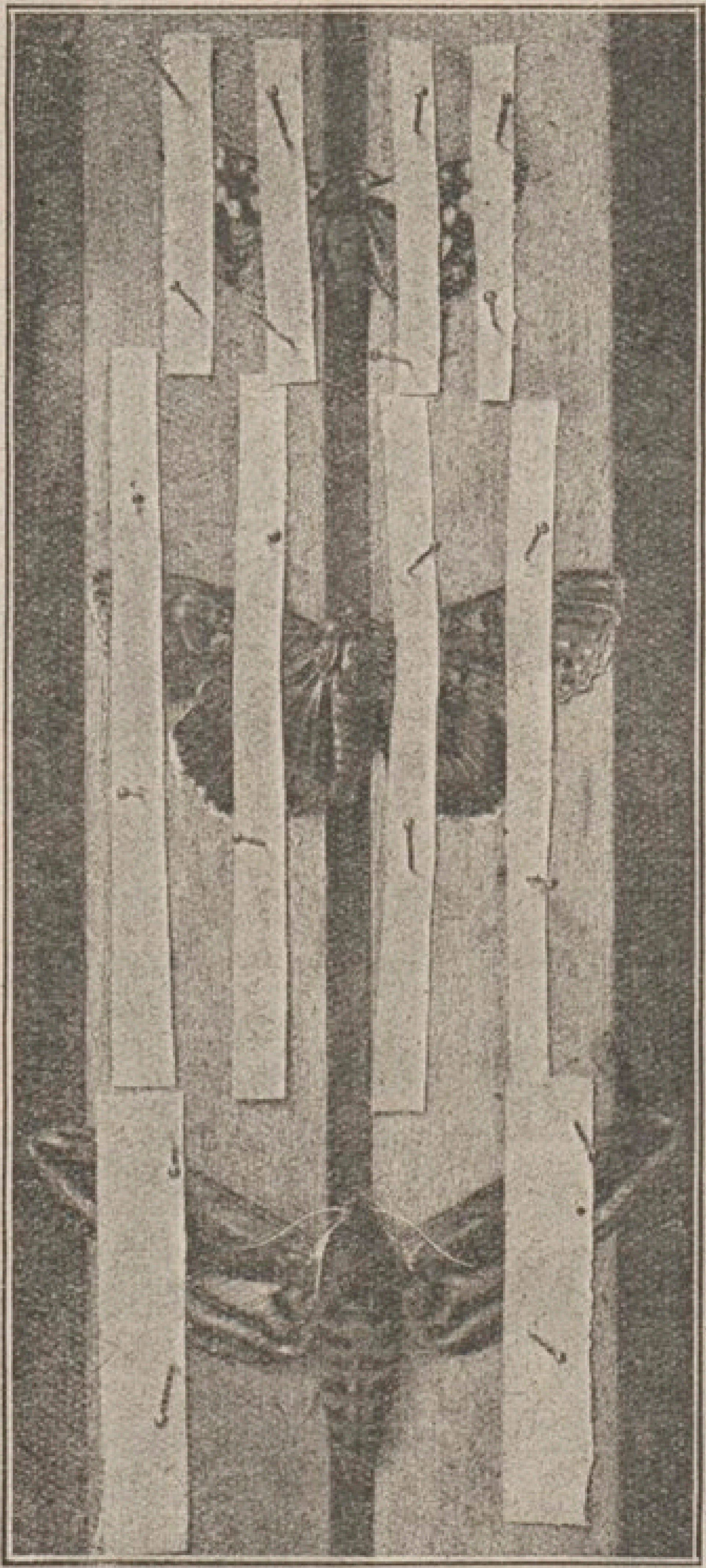
Si, au retour d'une chasse, on a un très grand nombre de coléoptères à préparer et qu'on soit dans l'impossibilité de le faire, on les conservera souples — et cela pendant plusieurs mois, — en les enfermant dans une boîte contenant de la sciure de bois imbibée d'hydrate de chloral, dans la proportion ci-après : sciure de bois, 125 grammes, hydrate, 5 grammes.

Ce n'est qu'après complète dessiccation qu'on doit placer le sujet dans la collection ; la moindre humidité produirait des moisissures et compromettrait la conservation de l'insecte, dont le corps se désagrégerait,

Si les articulations des pattes jouent un peu, surtout si l'abdomen présente encore une certaine lourdeur, il faut placer l'insecte dans un séchoir spécial, que vendent tous les marchands naturalistes, ou dans n'importe quelle armoire, pourvu que l'air y circule ; on le pique sur une plaque de liège, d'agavé ou de tourbe, l'y laissant jusqu'à ce qu'il soit complètement sec.

Les boîtes pour collection sont fabriquées en différents formats, recouvertes ou non de vitres ; leur fond est fait avec du liège, de l'agavé ou de la tourbe. Les insectes y sont piqués et rangés avec soin, d'après la classification qu'on aura adoptée. Chacun sera muni d'une étiquette indiquant le genre et l'espèce, le sexe, le lieu et la date de la capture.

Pour préserver les exemplaires enfermés dans les boîtes à collection des Dermestes et des Anthrènes qui y pénètrent si facilement et y font des dégâts considérables, on place dans un angle de la boîte une boule de naphtaline concentrée, montée sur une épingle, et qu'on trouve chez tous les marchands de couleurs et de produits chimiques. L'essence de mirbane est encore plus efficace ; je recommande ce produit de préférence à tous autres. On l'enferme dans une petite fiole ou encore on imbibe simplement un peu d'ouate de cette essence ; dans ce cas l'opération devra être renouvelée après complète évaporation.

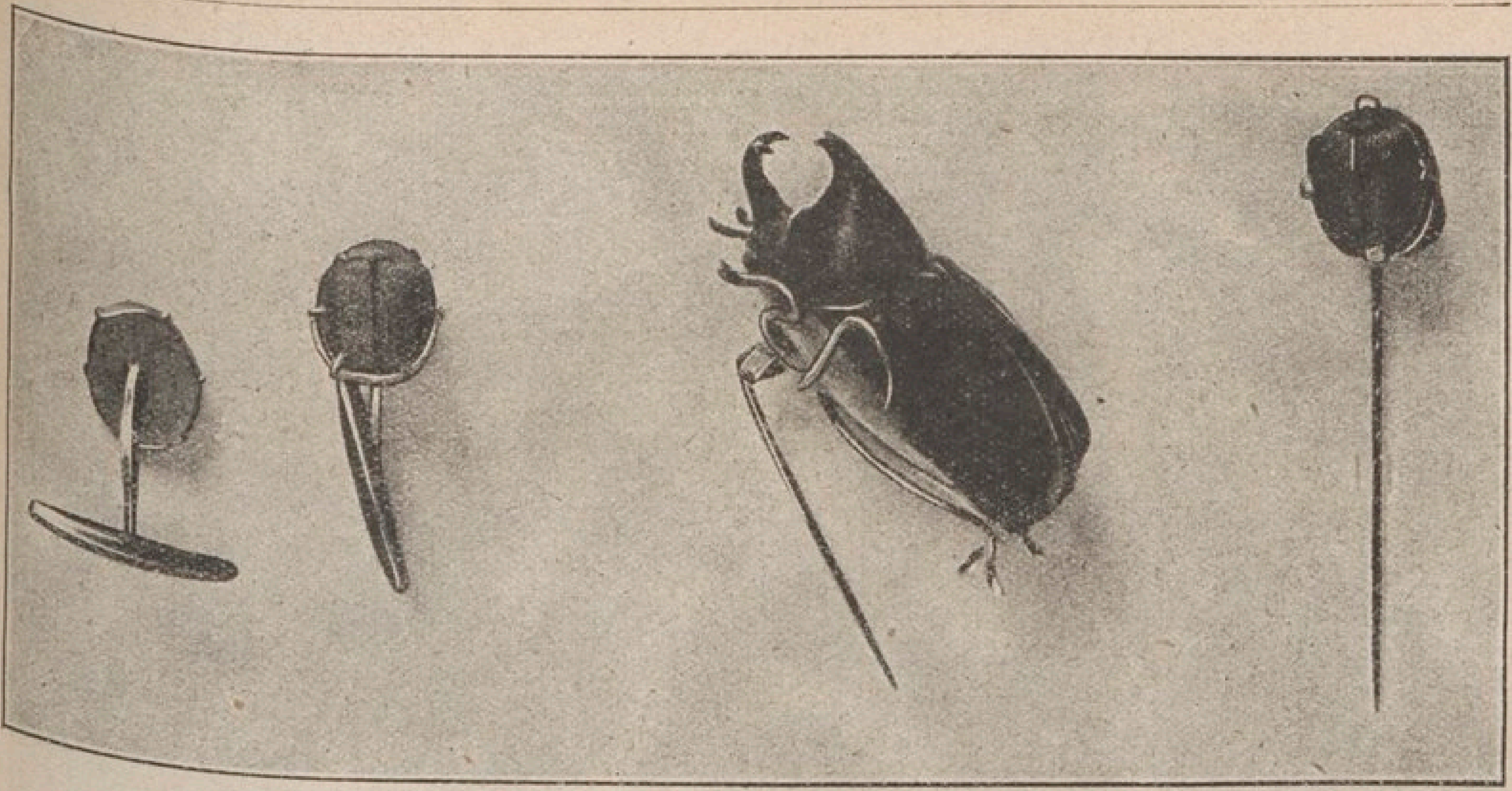


ÉTALOIR POUR LÉPIDOPTÈRES

Le papillon est piqué au milieu du corselet par une épingle proportionnée à la grosseur de son corps, quelquefois fluet, quelquefois très gros. Il est donc nécessaire d'avoir plusieurs étaloirs avec des rainures de diamètres variables, la rainure devant toujours être un peu plus large que le corps de l'insecte. Le fond de cette rainure contient une matière molle, de la moelle de sureau, par exemple, facilitant la pénétration de l'épingle. Le papillon fixé, on fait glisser avec une épingle l'aile du côté droit, de manière que le bord interne forme un angle droit avec le corps ; cette aile est maintenue par une bande de papier assujettie par des épingles. On fait la même opération pour l'aile gauche ; on place très légèrement les ailes inférieures sous les supérieures en laissant à la vue la plus grande surface possible et, pour les maintenir, on fixe encore une ou deux bandes de papier, en ayant soin de ne pas transpercer les ailes, qui doivent rester vierges de traces de piqûres. On laisse sécher le sujet pendant plusieurs jours ; ce n'est qu'après complète dessiccation qu'on retire les bandelettes de papier. On n'a plus qu'à ranger le papillon à la place qu'il doit occuper dans la collection.

De toutes manières, on doit, de temps en temps, visiter les collections, car il arrive que, malgré toutes les précautions, tous les désinfectants, les Anthrènes pénètrent quand même — n'a-t-on pas trouvé des larves de ce parasite dans des boules de naphtaline ! — et si l'on aperçoit un insecte attaqué, il faut le nettoyer, et, s'il l'est fortement, le brûler. On doit ensuite faire une inspection minutieuse des autres sujets et ne refermer le couvercle que lorsqu'on s'est bien rendu compte qu'il n'existe plus dans la boîte ni adulte, ni larve parasitaire.

Les grosses chenilles et les larves doivent être vidées. Pour faire cette opération, on établit une légère pression sur leur corps, de manière à faire sortir par l'anus, les organes et les humeurs qu'ils renferment. Après leur avoir injecté de l'acide phénique au moyen d'une petite seringue, on les souffle avec un chalumeau quelconque, en paille ou autre ma-



INSECTES MONTÉS EN BOUTONS DE MANCHETTES, EN BROCHE ET EN ÉPINGLE

tière ; il faut avoir le soin de maintenir l'extrémité caudale sur le chalumeau par un fil ou une épingle.

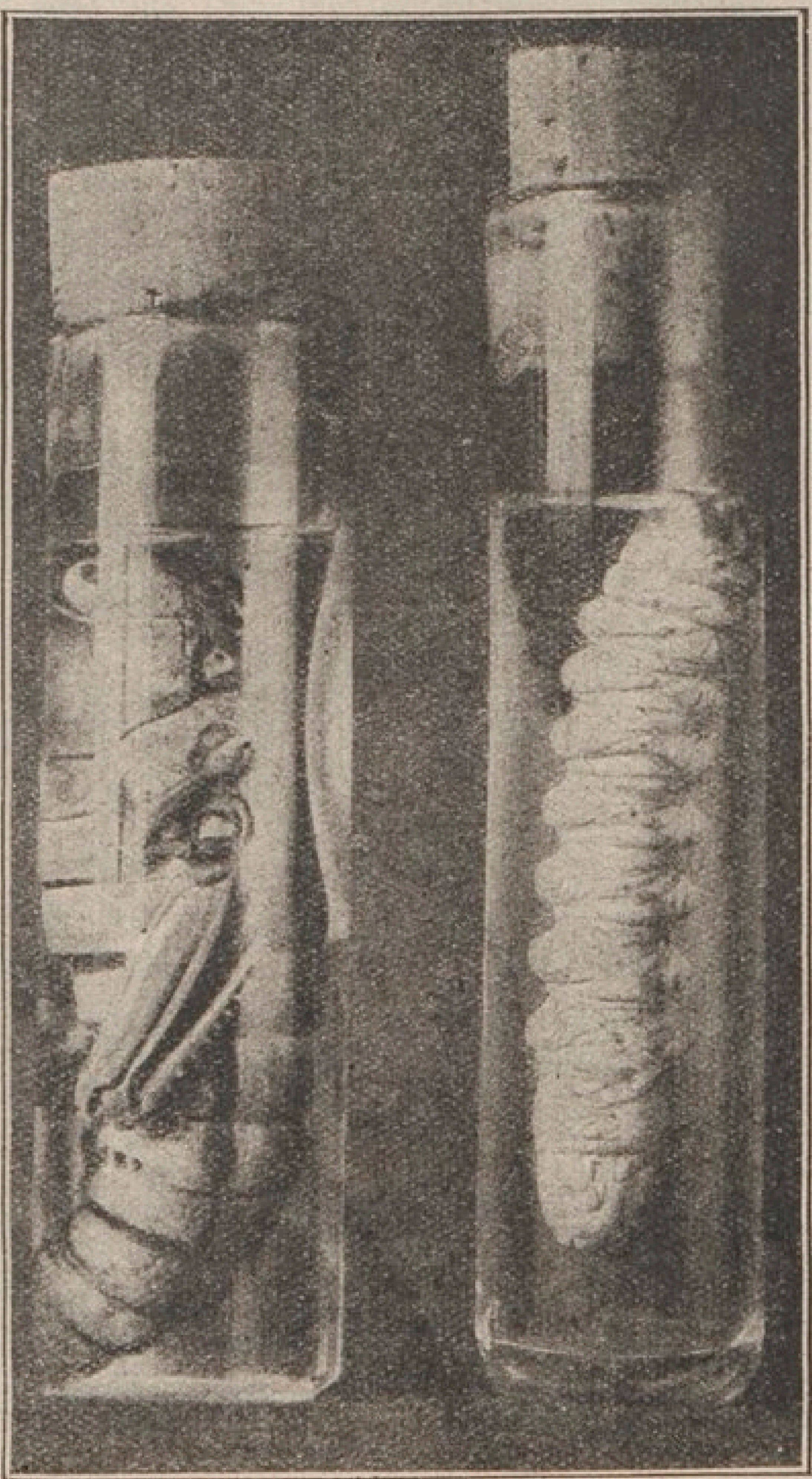
Si l'on ne veut pas s'astreindre à souffler soi-même les chenilles, les marchands naturalistes se chargent de cette opération particulière.

Une méthode très pratique pour conserver les larves et les chenilles est de les mettre pendant un quart d'heure dans de l'eau chauffée à 65 degrés, puis de les plonger dans le fixatif de Boin, et de les y laisser séjourner pendant quarante-huit heures.

Les chenilles et les larves se conservent encore dans des tubes d'alcool ou de formol à 4 %.

Depuis quelques années, les insectes jouent un rôle qui devient de plus en plus important dans la bijouterie.

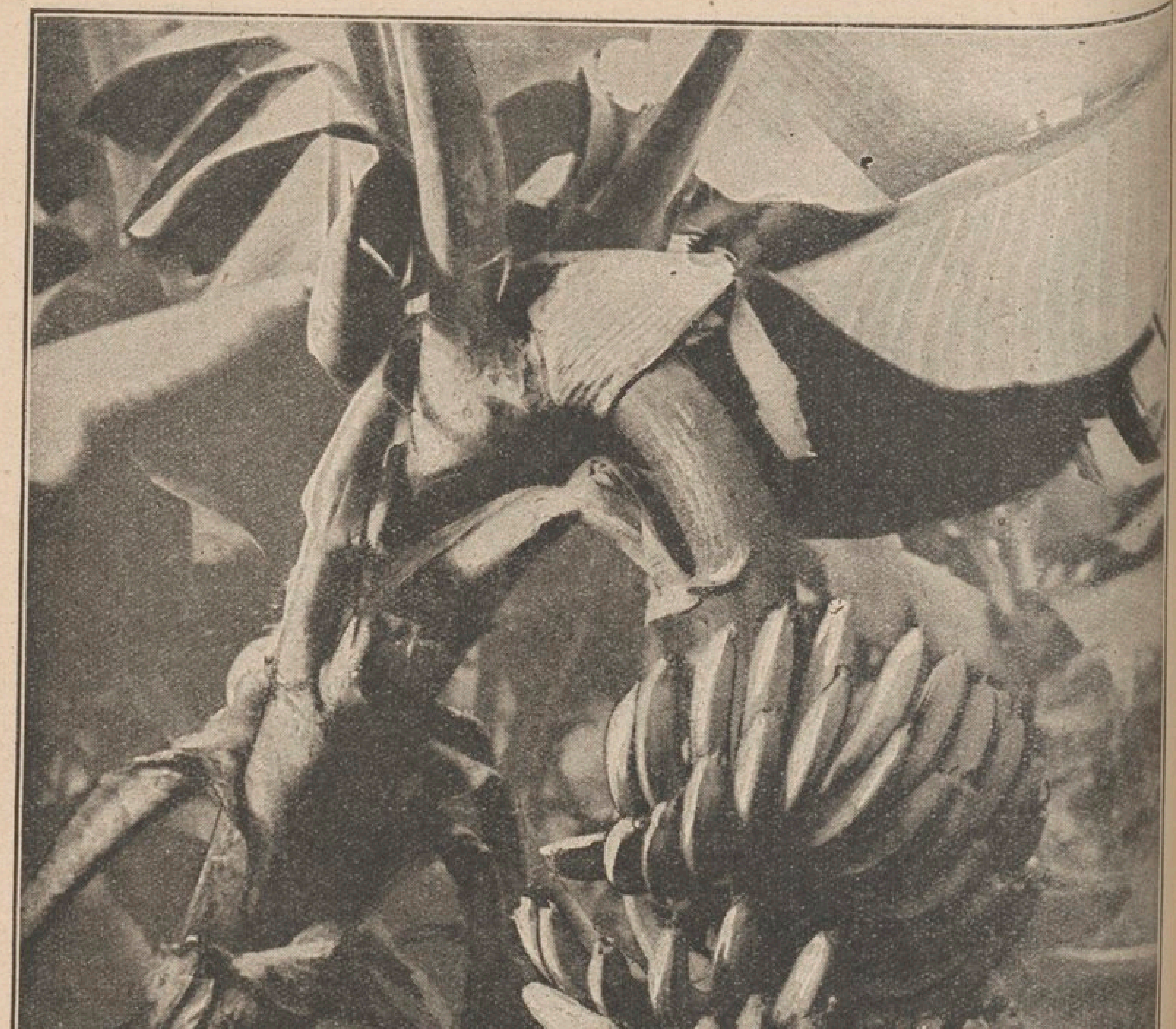
On fabrique des épingles à chapeau et à cravate, des colliers, des broches, des boutons de manchettes, etc., avec des coléoptères aux élytres éblouissantes ; quelques-uns de ces insectes ont une dureté extrême, telles les Cassides, qui nous viennent d'Amérique ; elles ont une carapace aussi ferme que celle de la tortue.



TUBES REMPLIS D'ALCOOL OU DE FORMOL A 4 % POUR CONSERVER LES INSECTES

En terminant ces quelques renseignements, donnés dans l'intention d'aider ceux qui recherchent les insectes pour les observer ou les collectionner, j'exprime le regret de ne pas voir au Museum, dans les lycées, dans les collèges, dans les écoles primaires, plus d'empressement à encourager les jeunes gens et à leur venir en aide dans la connaissance de ces curieuses et intéressantes petites bêtes que sont les insectes.

A. Labitte.



La tige du bananier ploie sous la charge des quelque deux cents fruits qui garnissent les dix à douze mains de ce régime. Celui-ci, cependant, n'a pas encore atteint tout son développement, car on voit que d'autres mains se forment à l'extrémité de la tige. Les fruits seront coupés avant complète maturité.

LA BANANE, " FRUIT DU PARADIS ", EST UN ALIMENT DE PREMIER ORDRE

Par Robert CÉNARD

Une tradition de l'Orient fait remonter les origines du bananier aux premiers jours de la création ; mais cette légende ne se borne pas à cette constatation purement chronologique : elle attribue au fruit de cette plante une très grave responsabilité. D'après elle, en effet, ce serait la banane et non la pomme qui aurait tenté Ève puis Adam ; ce serait pour elle que nos premiers parents auraient été chassés du paradis. L'arbre de la Science du bien et du mal ne serait donc autre que le bananier.

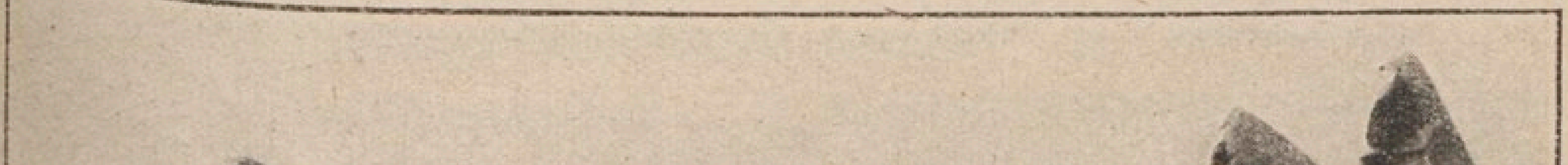
D'ailleurs, l'histoire nous apprend que le fruit du bananier était connu et apprécié par les Grecs qui l'appelaient : *sukos Adam* ou *figue d'Adam*. Cette dénomination est encore parfois usitée dans les langues française, italienne, espagnole et anglaise. Un souvenir de la tradition orientale se retrouve dans l'appellation latine de *musa paradisiaca*, qu'on peut traduire par *bananier du paradis*.

Les bananiers sont, en dépit de leurs dimensions, des plantes herbacées qui vivent dans les régions tropicales des deux continents. Il en existe de nombreuses variétés (30 ou 40). Nous pouvons cependant nous contenter de les classer en deux groupes :

1° Les bananiers à fruits comestibles ;

2° Les bananiers à fruits non comestibles ou à graines.

Le premier groupe, le seul qui nous intéresse ici, comprend trois types principaux :



UNE DES IMMENSES PLANTATIONS DE BANANIERS DE LA GUINÉE

Le bananier de Chine (musa sinensis) *qui est planté ici est une variété naine du* musa paradisiaca ; *sa tige n'atteint que 1 m. 30 environ de hauteur. Le climat de la Guinée comportant une saison des pluies et une saison sèche, il faut, durant cette dernière, procéder à une irrigation intense des plantations, car le bananier exige, pour bien croître et se développer, une terre extrêmement humide.*

CHARGEMENT D'UN TRAIN DE BANANES A PROXIMITÉ D'UNE PLANTATION

Le fruit du musa sinensis *doit, comme la banane des Canaries, être transporté en caisses, car il est très délicat. La banane des Antilles voyage, au contraire, presque toujours en vrac.*

Le bananier des sages *(musa sapientium)*, produisant la figue-banane, *bacove* de Guyane, baptisée *cumbari* par les Espagnols;

Le bananier du paradis *(musa paradisiaca)* originaire des Indes et dont le tronc atteint jusqu'à six mètres de hauteur;

Le bananier de Chine *(musa sinensis)*, encore appelé *bananier nain* ou de *Cavendish*.

Le bananier exige, pour bien se développer, des conditions d'extrême chaleur et de grande humidité. C'est dans l'Amérique centrale et dans l'île de la Jamaïque qu'il atteint sa plus grande croissance. On le rencontre en abondance dans la Colombie, à Costa-Rica, dans l'île de Cuba, le Honduras, à Saint-Domingue, dans le Guatémala et le Nicaragua. Il fait également l'objet d'une grande culture aux îles Canaries où, cependant, il faut irriguer constamment et dépenser de grandes quantités d'engrais pour le faire croître et se développer dans de bonnes conditions.

Pour établir une plantation de bananiers, on commence par défricher le terrain, puis on y plante des suçoirs pris sur d'autres terres, provenant de souches appartenant à la variété que l'on a choisie, tant en raison de son rendement et de la qualité de son fruit qu'en tenant compte de la nature du terrain et des conditions de chaleur et d'humidité.

Le bananier se multiplie par des rejets ou drageons qui naissent de bourgeons adventifs venus sur les racines traçantes de la plante. Ayant acquis une certaine taille, ces drageons, lorsqu'ils sont séparés de la souche, constituent des sujets nouveaux qui peuvent être replantés. Selon la fertilité du sol, on laisse croître de un à trois rejets autour du tronc. Ainsi, un même bananier est susceptible de se reproduire indéfiniment. Cependant, il est d'usage de replanter avec des sujets nouveaux tous les douze, quinze ou vingt ans, suivant les circonstances. Le bananier ne nécessite que peu de soins (débarrasser simplement le terrain des mauvaises herbes). Sa pousse est étonnamment rapide, là où les conditions sont propices.

Chaque bananier ne fructifie qu'une fois; il porte un régime de fruits qui surmonte *comme un candélabre* une courte tige poussant au sommet. Lorsqu'on laisse croître trois drageons, ceux-ci arrivent à maturité à intervalles de quatre mois, chaque rejet mettant environ douze mois pour atteindre son plein développement. Les fruits sont disposés en hélices par rangées irrégulières d'environ quinze bananes chacune, appelées *mains*. L'importance d'un régime est toujours évaluée en nombre de mains. Sur les

petits régimes, on en compte de cinq à six et, sur les grands, jusqu'à douze, ce qui correspond à environ cent quatre-vingts fruits.

A mesure que le régime pousse, la partie supérieure de la plante ploie sous sa charge et finit par se casser lorsque les bananes sont mûres. Mais les bananiers cultivés sont coupés lorsque leurs fruits ne sont encore qu'à moitié ou aux trois quarts mûrs. La banane est alors absolument verte et dure, mais elle continue à se développer en se nourrissant du pédoncule coupé qui contient une grande quantité de sève, et cela jusqu'à maturité complète dans les magasins.

Du fait qu'elles sont cueillies encore vertes, on prétend souvent que les bananes sont indigestes et on croit qu'elles auraient plus d'arome et de saveur si on les laissait mûrir sur l'arbre. Il n'en est rien. Les bananes, comme certaines variétés de poires, mûrissent bien mieux une fois détachées de la plante. Si on les laisse sur l'arbre, elles éclatent sous l'ardeur du soleil avant d'être complètement mûres ; de plus, elles sont pillées ou bien dévorées par les insectes. Cela est si vrai, que les indigènes eux-mêmes font mûrir les régimes de bananes qu'ils destinent à leur consommation personnelle en les suspendant à l'entrée de leurs cases.

Un hectare planté en bananiers de grand rendement peut donner, dans les meilleures conditions, 200.000 kilos de substances alimentaires, assimilables, soit *quarante-cinq fois plus* que s'il était planté en pommes de terre et *cent quarante-cinq fois plus* que s'il l'était avec le meilleur des froments.

Il faut une certaine expérience pour déterminer l'époque exacte à laquelle le fruit doit être cueilli. Des inspecteurs parcourent constamment et en tous sens les plantations qui sont divisées en zones de même grandeur; pas un seul jour ils ne perdent de vue le fruit et ils ne cessent de chercher quels sont les bananiers à point pour la coupe.

Les *coupeurs* suivent les inspecteurs. Le tronc du bananier désigné pour la coupe est sectionné en partie au moyen d'une serpe à long manche ; sa partie supérieure est ensuite ployée, puis la plante est définitivement coupée au moyen d'une sorte de cimeterre appelé, en terme technique, *machette*.

Les grands régimes pèsent de 30 à 35 kilos pour les bananes de la Jamaïque et de 23 à 25 kilos pour celles des Canaries. Ils s'écrasent très facilement lorsqu'ils sont trop mûrs ou gâtés; il faut donc, du moment où ils sont coupés, les manier avec une extrême délicatesse et de très grandes précautions.

DÉCHARGEMENT A GALVESTON (ÉTATS-UNIS) D'UN VAPEUR CHARGÉ DE BANANES

A l'arrivée du navire à quai, on installe, pour le déchargement de ce fruit délicat, un convoyeur mû par l'électricité et dans les poches duquel on place un à un les régimes.

PLATE-FORME DE CHARGEMENT DES BANANES DANS UNE PLANTATION, A LA JAMAÏQUE

Les régimes sont mis en tas par couches superposées et séparées par des lits de feuilles sèches. On en charge, à la demande, des chariots circulant sur des voies étroites qui sillonnent les plantations et aboutissent à la ligne de chemin de fer la plus proche. La banane récoltée à la Jamaïque étant moins fragile que celle récoltée en Guinée et aux îles Canaries, on peut la faire voyager en vrac dans les trains et les bateaux.

Les régimes sont placés sur des chariots par couches superposées, séparées par des lits de feuilles sèches. Ces chariots sont automoteurs dans certaines exploitations très importantes ; dans la plupart des plantations, ils sont traînés par des bœufs, ou des chevaux sur voies ferrées ou bien sur routes, jusqu'au chemin de fer le plus proche.

Les trains spéciaux chargés de bananes sont ensuite dirigés sur les ports les plus voisins et amenés très près des vapeurs amarrés à quai. Des wagons, les régimes sont passés un par un à une suite de porteurs composés en majeure partie de noirs des deux sexes qui marchent avec un balancement rythmé ininterrompu. Sur le pont du navire, le régime est pris des mains du porteur et placé, pas jeté, dans une corbeille qui, une fois pleine, est vidée doucement dans la cale.

Les fruits des bananiers cultivés aux Canaries sont expédiés en caisses ; ceux des variétés cultivées à la Jamaïque et dans l'Amérique Centrale voyagent en vrac ; dans ce dernier cas, les régimes sont serrés les uns contre les autres, de manière à ne pas se heurter par suite du roulis et du tangage ; des claies en bois délimitent des passages qui permettent la visite des fruits. Cette différence de traitement tient à ce que la banane des Canaries est, en quelque sorte la banane de luxe ; elle est plus sucrée, plus savoureuse, et, partant, se vend plus cher. Elle est aussi plus fragile et comme on l'expédie généralement en Europe, seul un emballage soigné et des précautions spéciales lui permettent d'arriver en bon état.

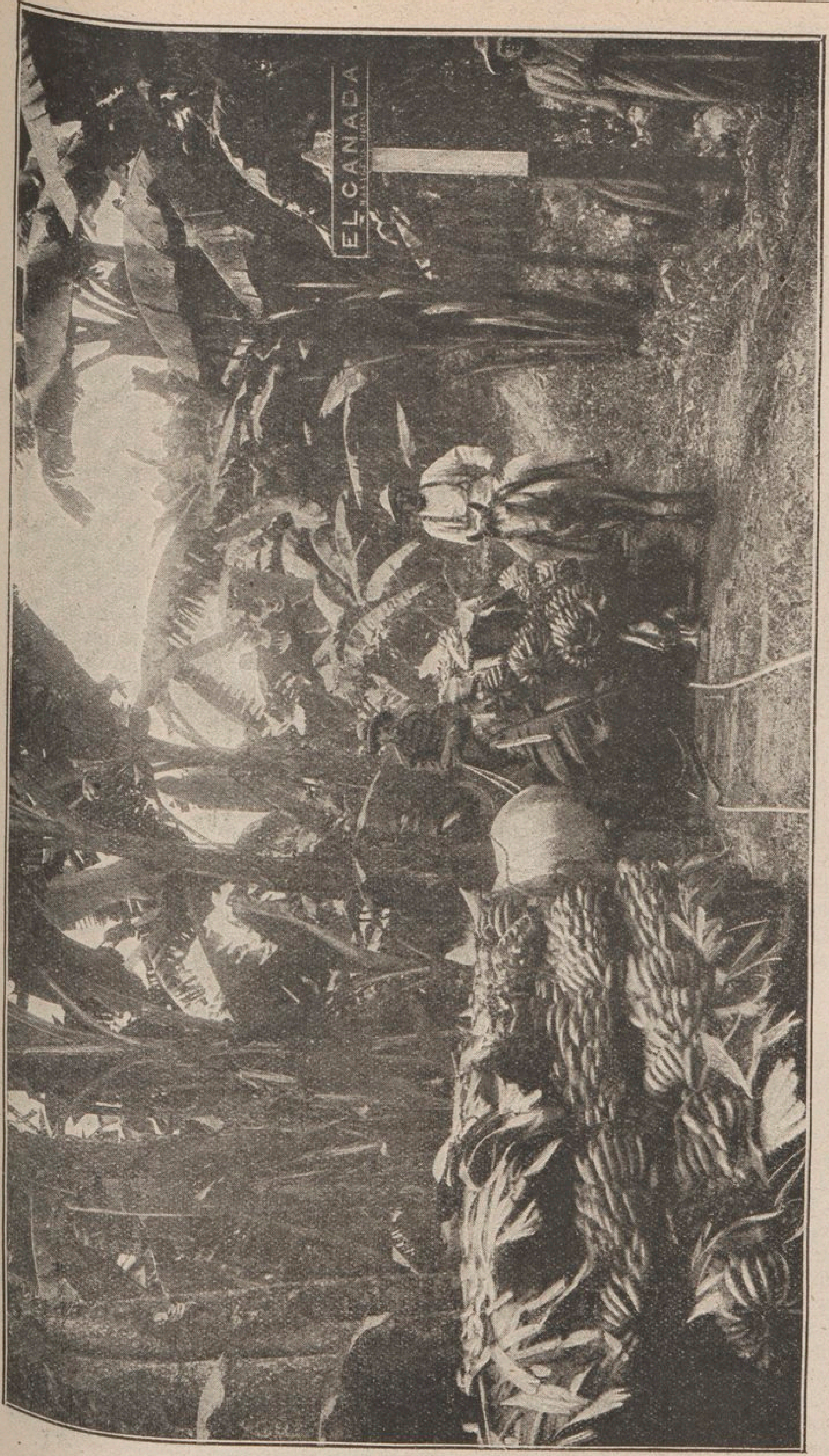
Les grandes compagnies anglaises et américaines qui, avant la guerre, importaient les bananes en Europe possédaient de véritables flottes de navires à vapeur à marche rapide dont chaque unité jaugeait plus de 6.000 tonneaux. Le transport de la banane des wagons dans la cale du vapeur se faisait, dans les docks de ces compagnies, mécaniquement. On utilise à cet effet un chemin de roulement constitué par une toile sans fin entraînée par deux tambours. Les régimes sont placés sur un convoyeur qui les amène rapidement et sans heurt jusqu'aux panneaux des cales. Pendant la traversée, le fruit est surveillé de près et la cale est maintenue à une température qui doit rester comprise entre 13 et 14° centigrades, au moyen de manches à vent, de puissants ventilateurs

UN EMBARQUEMENT DE BANANES SUR CHALANDS A KONAKRY

A marée basse, les débardeurs font glisser les caisses, chargées chacune de deux régimes, le long d'une planche qui repose dans le fond du bateau ; un sac de sable amortit le choc. Les chalands chargés sont pris en remorque et amenés sur rade, où leur contenu est alors embarqué sur vapeur.

UN GROUPE DE COUPEURS DANS UNE PLANTATION DE LA JAMAÏQUE

Lorsque les *inspecteurs ont désigné les régimes bons à couper*, les coupeurs *arrivent armés d'une sorte de serpe à long manche et d'un coutelas en forme de cimeterre appelé machette. Avec la serpe*, ils sectionnent en partie le tronc du bananier; ils ploient la partie supérieure, puis coupent définitivement la plante avec la machette. A partir de ce moment, les fruits ne sont maniés qu'avec les plus grandes précautions.



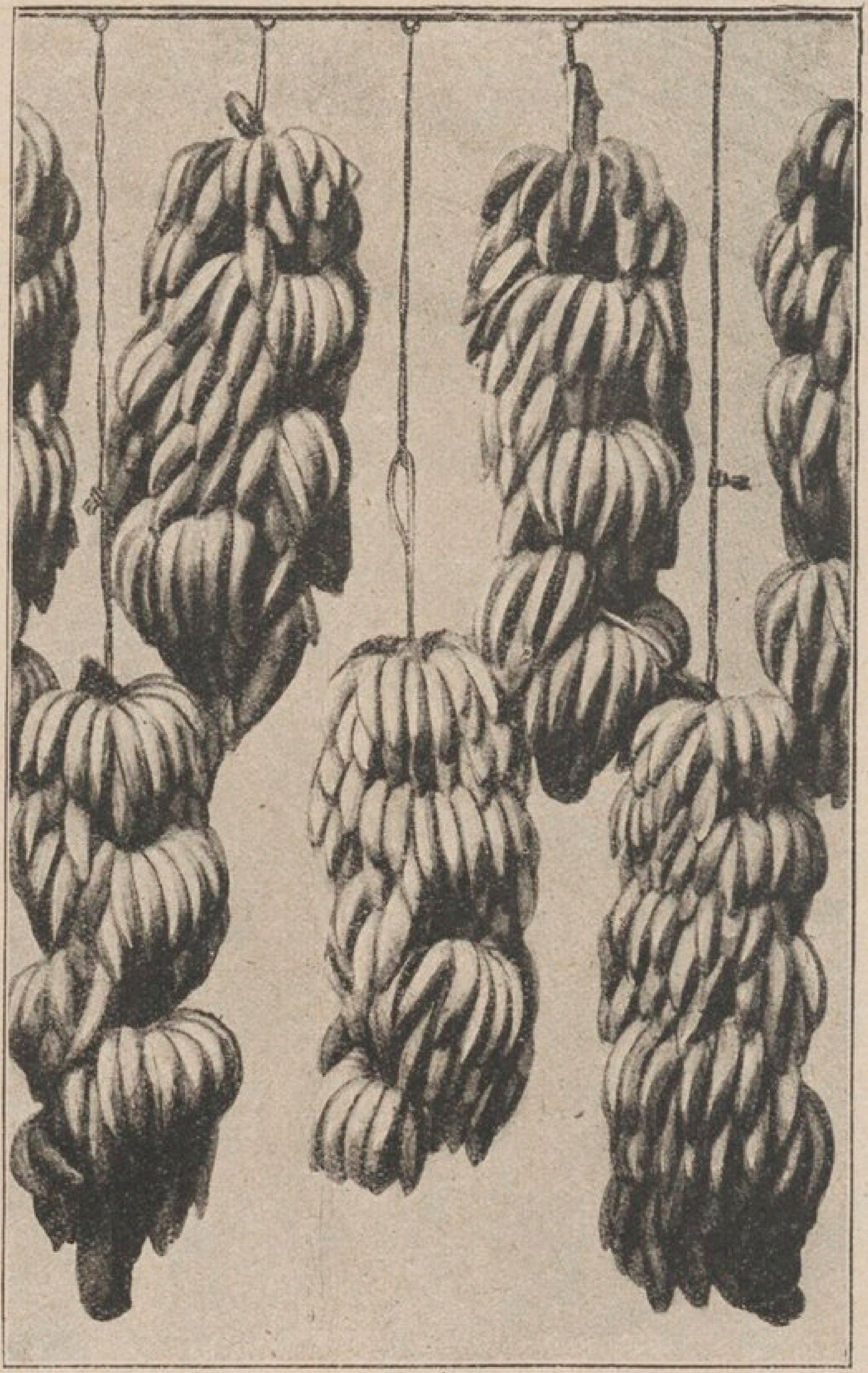
UN CONVOI DE CHARIOTS SE DIRIGE VERS LE CHEMIN DE FER A TRAVERS LES PLANTATIONS

Dans la plupart des plantations, les chariots sont traînés par des bœufs ou des chevaux; dans certaines autres, très importantes, ils sont automoteurs. Le chargement sur wagons est effectué par les cueilleurs et contrôlé par des inspecteurs, qui comptent et séparent les régimes suivant leur qualité et leur degré de maturité. Les trains conduisent la banane jusqu'aux vapeurs amarrés à quai dans les ports coloniaux.

et, lorsque les chaleurs tropicales ou estivales l'exigent, d'appareils réfrigérants. De plus, les navires sont à doubles coques, entre lesquelles des ventilateurs entretiennent constamment un courant d'air frais.

Les agents des compagnies et les commissionnaires en fruits sont avisés par télégraphie sans fil du jour où le cargo chargé de bananes est attendu. Quelle que soit l'heure de l'arrivée, la cargaison est invariablement déchargée en douze heures. Deux cent cinquante à quatre cents hommes sont employés à ce travail, et ce n'est pas trop, si l'on songe qu'un vapeur de 5.000 tonnes transporte en moyenne de 50 à 60.000 régimes, soit à peu près neuf millions de bananes.

En hiver, le fruit doit être immédiatement placé dans une chambre préalablement chauffée à 25° centigrades où il séjourne de douze à vingt-quatre heures. Cette précaution évite les conséquences fâcheuses d'un refroidissement des régimes pendant le transport ; on peut, en particulier, être ainsi assuré que le fruit aura une belle couleur lorsqu'il arrivera à maturité. Il ne faudrait cependant pas laisser les régimes plus de vingt-quatre heures à la température de 25°, sous peine de provoquer la maturation prématurée des fruits.



MANIÈRE DE SUSPENDRE LES RÉGIMES DE BANANES DANS LES MAGASINS DES IMPORTATEURS

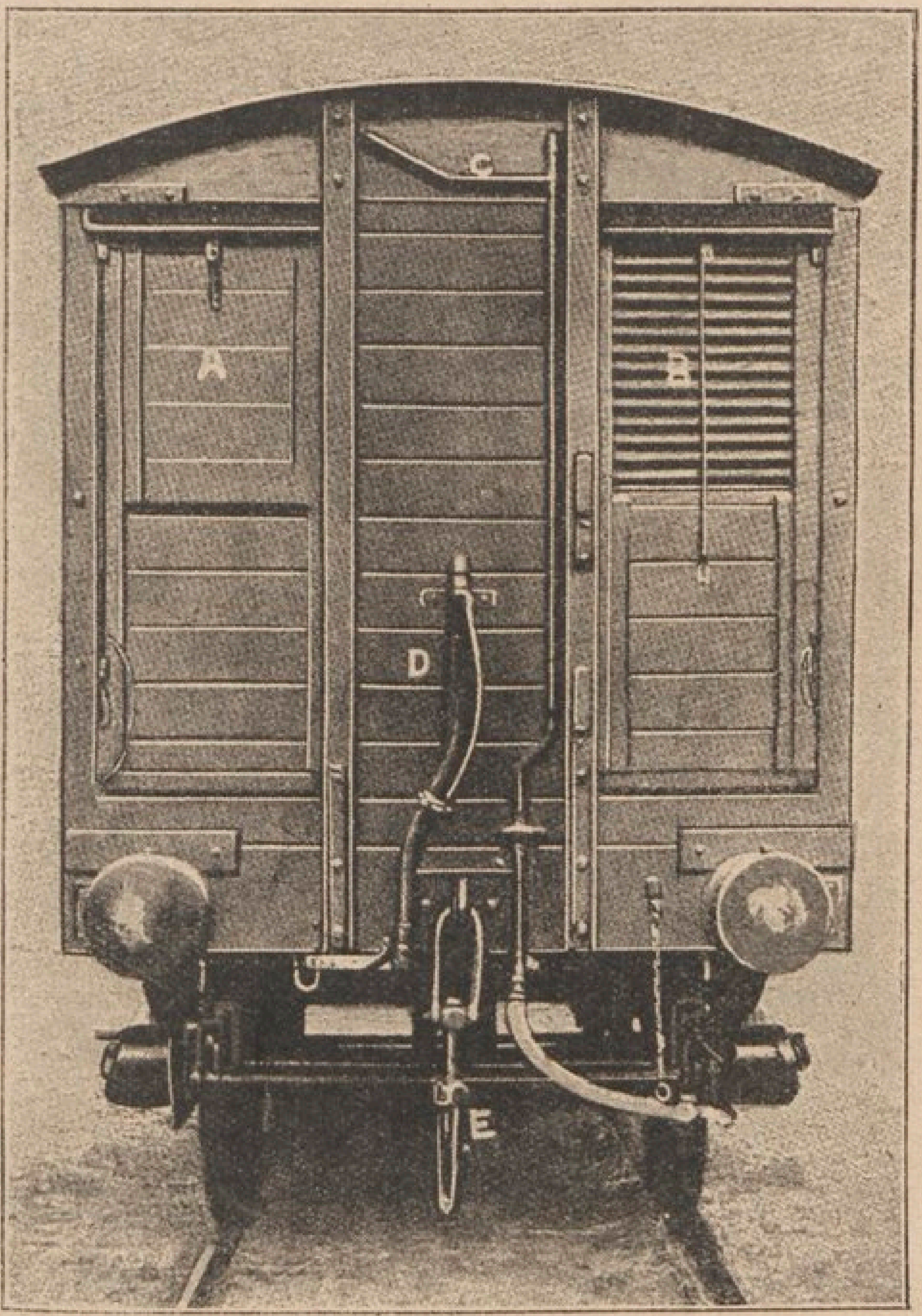
Les régimes sont suspendus, à l'aide de cordes fixées au plafond, de façon à ne pas se toucher. La hauteur des salles, l'écart entre les crochets de support, la température, etc., sont déterminés par des règles fixes, observées par tous les importateurs.

A leur débarquement, les régimes sont recomptés et examinés avec soin. Les fruits mûrs sont vendus aux commissionnaires de la ville. Ceux qui sont à moitié mûrs (en terme technique, « tournants ») sont mis de côté pour être vendus dans les marchés avoisinants et les régimes les plus verts sont expédiés aux points les plus distants. Des trains spéciaux, formés chaque jour dans les ports où arrivent les vapeurs, transportent les fruits jusqu'aux villes les plus éloignées du pays. Le chargement de chaque train est surveillé par un agent spécial qui a pour mission de régler la température et la ventilation au moyen d'appareils spéciaux dont sont munis tous les wagons affectés au transport de la banane. L'agent est responsable de l'état des fruits à leur arrivée.

L'administration des chemins de fer néerlandais, frappée de l'essor que prenait, d'année en année, l'importation des bananes en Europe, fit construire et mettre en service des wagons aménagés et conçus spécialement

pour le transport de ces fruits. Elle en possédait avant la guerre environ trois cents et devait mettre en service des wagons chauffés électriquement et pourvus d'un thermostat ayant pour fonction de fermer automatiquement le circuit des radiateurs lorsque la température ambiante tombe au-dessous de 12° et, au contraire, de l'ouvrir lorsque la température dépasse 16°.

On peut dire que rien encore n'a été tenté chez nous pour l'écoulement, en bon état, de la banane vers la métropole. La Côte d'Ivoire, le Gabon et surtout la Guinée, pourraient cependant fournir des quantités considérables de ce fruit si des moyens de transport rapides et économiques reliaient la France à ses colonies africaines. L'indifférence montrée à cet égard par les pouvoirs publics, l'absence de toute initiative privée et l'impéritie des compagnies de navigation, privent nos colonies de débouchés qui leur assureraient un facteur très appréciable de prospérité.



WAGON POUR LE TRANSPORT DES BANANES

On voit en A et en B deux volets d'aération. Ces volets, placés à l'avant du wagon, sont fermés en hiver ; ils permettent, en été, au courant d'air produit par la marche du train, de ventiler l'intérieur du wagon et de combattre la chaleur de fermentation. C, conduite de vapeur pour le chauffage en hiver, courant d'un bout à l'autre du wagon. D, frein à vide. E, barre d'attelage, semblable à celle qui existe sur tous les wagons de chemin de fer.

Ajoutons que la banane était restée en France un fruit assez cher en raison des droits de douane dont était frappée son importation. En Angleterre et en Allemagne, au contraire, aucune espèce de droits, et tous les projets tendant à imposer ce fruit sain et nourrissant ont été formellement écartés de façon que les pauvres et les classes laborieuses puissent le faire entrer dans leur menu quotidien.

Les régimes sont suspendus dans les magasins des importateurs à l'aide de cordes fixées au plafond. La hauteur des plafonds, l'écart entre les crochets de support et autres détails du même genre sont déterminés par des règles fixes observées par tous les importateurs. En hiver, les magasins sont généralement chauffés au gaz par des becs *Bunsen*. Cependant, certains importateurs américains ont établi des installations électriques pour faire mûrir leurs régimes de bananes.

La quantité de bananes consommées annuellement à Paris avait augmenté dans les sept ou huit années qui précédèrent la conflagration européenne dans le rapport de 1 à 10; elle était, en 1913, de 500.000 à 600.000 régimes. L'Angleterre, grâce à ses bateaux spécialement aménagés, en consommait près de 8 millions par an et l'Allemagne, qui importait 500.000 régimes en 1909, en recevait près de 2.000.000 en 1913. Chaque semaine, un vapeur chargé de 50 à 60.000 régimes de bananes des Antilles arrivait à Bristol, un autre à Liverpool et un troisième desservait Rotterdam puis Hambourg.

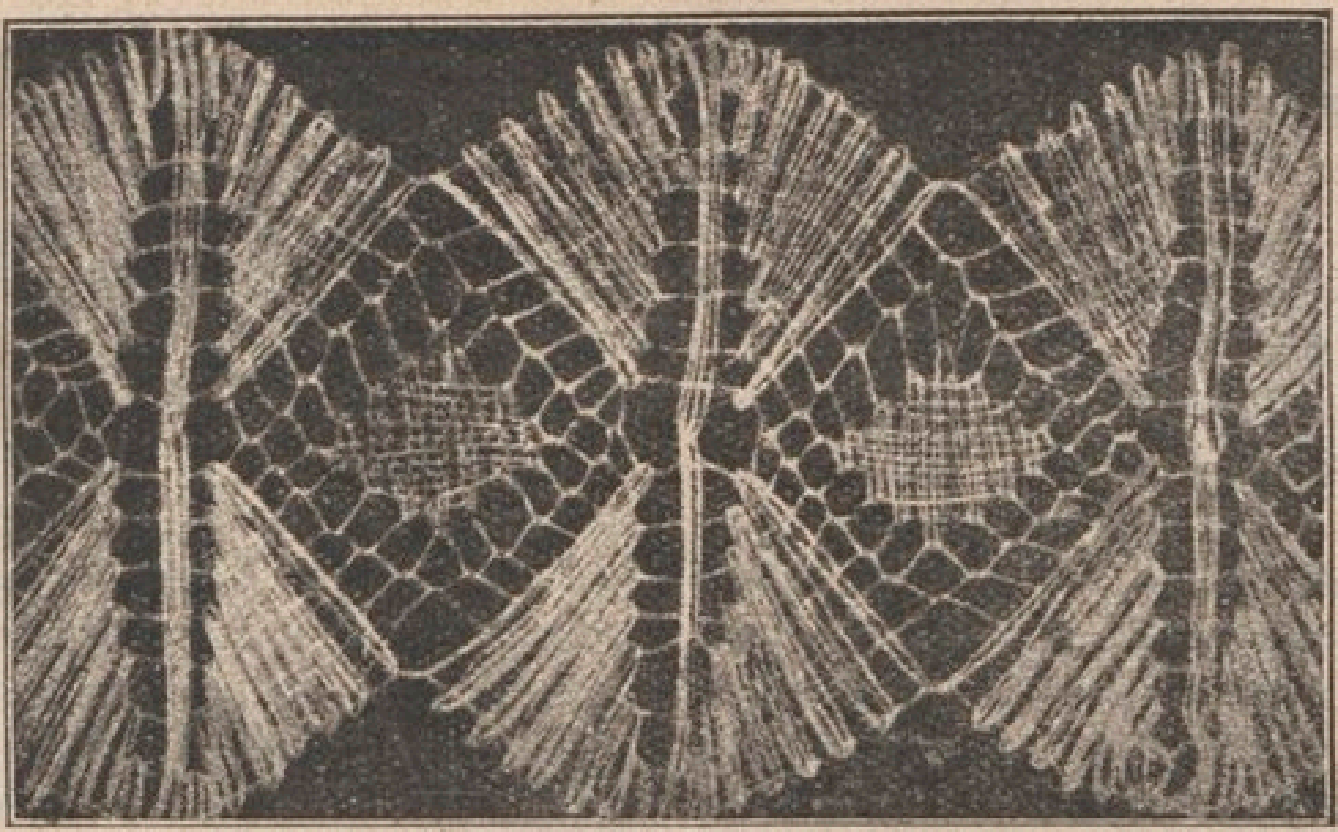
Or, il y a quelque dix-sept ans, la compagnie anglaise Elders et Fiffes, qui assure la presque totalité de l'importation de la banane en Europe, avait peine à écouler 20.000 régimes par quinzaine. Elle en écoulait, en 1914, plus de 50.000 par semaine.

UN AMONCELLEMENT DE BANANES ATTENDANT LEUR CHARGEMENT SUR WAGONS

Les chariots venant de la plantation aboutissent ici. Point de gare; le train stoppe à l'endroit fixé; il emportera un chargement complet qu'il dirigera sur le port le plus proche et tout près du vapeur amarré à quai. Celui-ci appareillera vers l'Europe lorsqu'il aura embarqué de 50 à 60.000 régimes. Les agents des compagnies et les commissionnaires en fruits seront avisés par T. S. F. de la date à laquelle le navire aura levé l'ancre.

Dès les premières années du XIXe siècle, les voyageurs européens qui avaient visité le pays que borde la mer des Antilles, racontaient que les indigènes connaissaient de nombreuses manières d'accommoder la banane. Cédons, à ce propos, la plume à Bernardin de Saint-Pierre, qui a dépeint le bananier dans un style des plus colorés sinon avec une très grande rigueur scientifique.

« Le bananier aurait pu suffire à lui seul à tous les besoins du premier homme. Ses fruits, réunis comme les doigts de la main, fournissent le plus salutaire des aliments. Une seule de ses grappes constitue la charge d'un homme. Il représente une magnifique ombrelle avec sa cime étendue et élevée, et il offre de gracieuses ceintures avec ses feuilles d'un beau vert, longues, larges et lisses. Comme ces feuilles sont très souples et maniables quand elles sont fraîches, les Indiens en font des récipients de toutes sortes pour y mettre de l'eau ou des aliments. Ils en recouvrent aussi leurs habitations et ils sortent une masse de fils du tronc après l'avoir fait sécher au soleil. »



UN ÉCHANTILLON DE DENTELLE FAITE AVEC LA MATIÈRE TEXTILE TIRÉE DU « MUSA TEXTILIS », OU BANANIER-CORDE DE LA GUADELOUPE, ORIGINAIRE DE MANILLE

La valeur de la banane était donc connue depuis longtemps dans les pays tropicaux où ce fruit tient la même place dans l'alimentation que le froment et les céréales dans les régions tempérées. En Europe, sauf en Angleterre, on peut dire que la consommation de ce fruit n'a pas encore pris toute l'extension qu'elle mérite ; on ne le trouve guère que dans les grandes villes. Pourtant, sa valeur nutritive est exceptionnelle, ainsi qu'il ressort du tableau que nous donnons

DÉCHARGEMENT D'UN WAGON DE BANANES DANS UNE GARE PARISIENNE

ci-dessous, d'après un rapport officiel du ministère américain de l'Agriculture. La teneur en hydrates de carbone représente la valeur énergétique d'un aliment ; l'absorption de ses composés représente pour l'organisme un afflux d'énergie, de vitalité, plutôt qu'un facteur de reconstitution des tissus.

La banane est mangée crue ou cuite ; elle se prête, en effet, à un nombre incalculable de préparations culinaires. Sa saveur s'allie très bien à celle de la viande cuite avec elle, au four ou sous la cendre. On fait avec la banane de délicats entremets et d'excellents desserts : puddings, tartes, beignets, etc.

Il était difficile que la médecine ne découvrît point des vertus thérapeutiques à un arbre qui se réclame à la fois du paradis et des sages ! Fourcroy et Vauquelin, deux savants chimistes du XVIII[e] et du XIX[e] siècle, analysèrent le suc assez abondant qui imprègne la moelle du tronc du bananier. Ils trouvèrent à ce liquide des propriétés astringentes, utiles dans les cas d'inflammation intestinale. Mais la pharmacopée moderne, riche en médicaments plus efficaces, n'a pas retenu les qualités médicinales de la banane.

On prépare depuis fort longtemps, avec la pulpe de ce fruit, une farine très appréciée. Autrefois, les navires venant du nord ne passaient jamais devant les îles de Cuba ou de Puerto-Rico sans y faire escale pour prendre un chargement de cette farine qui fournissait un aliment particulièrement apprécié par des hommes dont la nourriture ne comportait, d'un bout de l'année à l'autre, que des salaisons et des légumes secs.

La farine de banane est encore plus nutritive que le fruit lui-même, ainsi qu'on peut en juger par sa composition (eau 9,7, protéine 3,1, graisse 0,5, hydrates de carbone 84,1, composés minéraux 2,6). Elle est notamment beaucoup plus riche en hydrates de carbone que la farine de froment qui n'en contient que de 70 à 75 %.

On consomme également, en Amérique Centrale, aux Etats-Unis et dans les pays scandinaves une grande quantité de bananes séchées au soleil, sur des claies, ou artificiellement. Avec les fibres qui constituent le tronc du bananier à graines, dont on abat la tige avant fructification, on fabrique des étoffes, du papier, de l'amadou, de la filasse, etc. Enfin, le *musa textilis*, ou bananier-corde de la Guadeloupe, originaire de Manille, fournit une matière textile connue sous le nom de *chanvre de Manille* ou *abaca*. Ce sont surtout les gaines qui la produisent ; on les coupe en lames, on les soumet au rouissage et on les nettoie avec des peignes en fer. Les fibres obtenues servent à fabriquer des tissus dont on fait un linge léger, spongieux et mauvais conducteur de la chaleur, par conséquent très hygiénique ; en les tissant, on obtient des cordes plus solides que celles de chanvre et qui sont assez légères pour flotter.

A tous égards, la banane mérite bien son joli nom de « fruit du Paradis. »

Robert CÉNARD.

Nous sommes redevables à la Compagnie anglaise Elders et Fyffes d'un certain nombre des belles photographies qui illustrent cet article.

FRUITS	PARTIE non comestible : peau, pépins, noyaux, queue, etc.	ÉLÉMENTS ASSIMILABLES						VALEUR calorifique par kilogr.
		EAU	PROTÉINE	GRAISSES	HYDRATES DE CARBONE: Sucres, amidons, dextrines, etc.	HYDRATES DE CARBONE: Cellulose	COMPOSÉS minéraux	
Pomme	25 %	84.6 %	0.4 %	0.5 %	13 %	1.2 %	0.3 %	638
Poire	10	80.9	1.0	0.5	15.7	1.5	0.4	358
Prune	5.8	79.6	0.9	—	18.9		0.6	815
Pêche	18.0	89.4	0.7	0.1	5.8	3.6	0.4	418
Banane	35.0	75.3	1.3	0.6	21.0	1.0	0.8	1013
LÉGUMES								
Pomme de terre	20.0	78.3	2.2	0.1	18.0	0.4	1.0	848
Tomate	—	94.3	0.9	0.4	3.9		0.5	220
Epinard	—	92.3	2.1	0.3	3.2		2.1	209
Choux	15.0	91.5	1.6	0.3	4.5	1.1	1.0	253

TABLEAU COMPARATIF DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DE DIVERS FRUITS ET LÉGUMES

LES "NACELLES FLOTTANTES" ET LES "PLAGES ARTIFICIELLES"

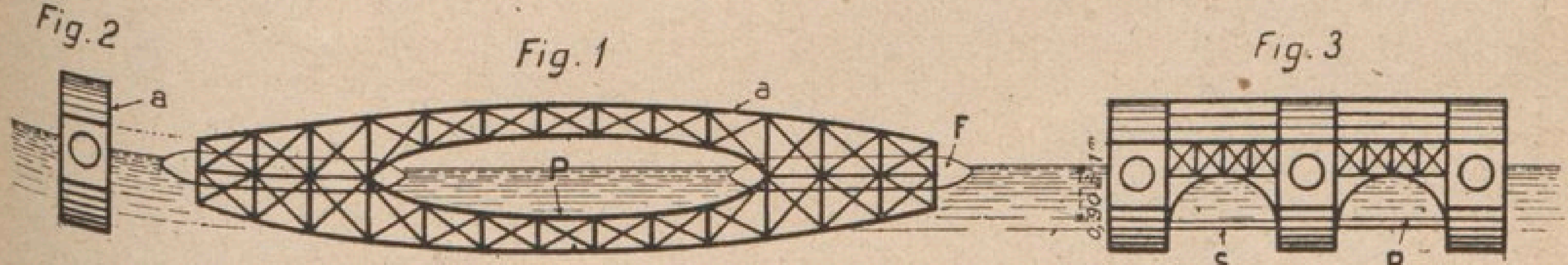
Par Régis DURVILLE

Un ingénieur de l'Ecole supérieure d'Aéronautique de Paris et de l'Ecole d'Ingénieurs de Marseille, M. Léon Foenquinos, vient d'expérimenter officiellement, dans le port de Barcelone, un appareil tout à fait nouveau et extrêmement original, dénommé par son inventeur « nacelle flottante », qui permet de marcher sur l'eau, quelle que soit la profondeur du fond, comme si on marchait sur un véritable sol sous-marin de peu de profondeur.

Ces « nacelles flottantes », dites aussi « plages artificielles », se composent, en principe, d'après le texte du brevet d'invention délivré à M. Léon Foenquinos, d'armatures, qui peuvent être métalliques ou en bois, et de longerons réunis transversalement, ou entretoisés, par des tiges plates, formant ainsi une charpente rigide, ou « nacelle » indéformable, laquelle est soutenue à la surface des flots par des flotteurs étanches solidement fixés à la charpente de l'appareil par des colliers soigneusement boulonnés.

Ces flotteurs, qui sont constitués par des bouées cylindriques ou parallélipipèdes, ou par des cônes de liège (ou toute autre matière susceptible de flotter : kapok, etc.), sont disposés en files et en tandem, de telle façon que, malgré le déplacement de l'ensemble, ils assurent une bonne flottabilité à la nacelle, qui devient, par leur présence, une base flottante rigide et insubmersible.

Toute la partie centrale de ladite nacelle, et c'est là ce qui constitue son originalité et sa nouveauté (car, autrement, ce ne serait qu'un vulgaire radeau) est ouverte à la partie supérieure et constitue ainsi un bassin d'une superficie plus ou moins grande (3 mètres sur 2 mètres dans les petits appareils) dont le fond est à 0 m. 90 au-dessous de la surface.



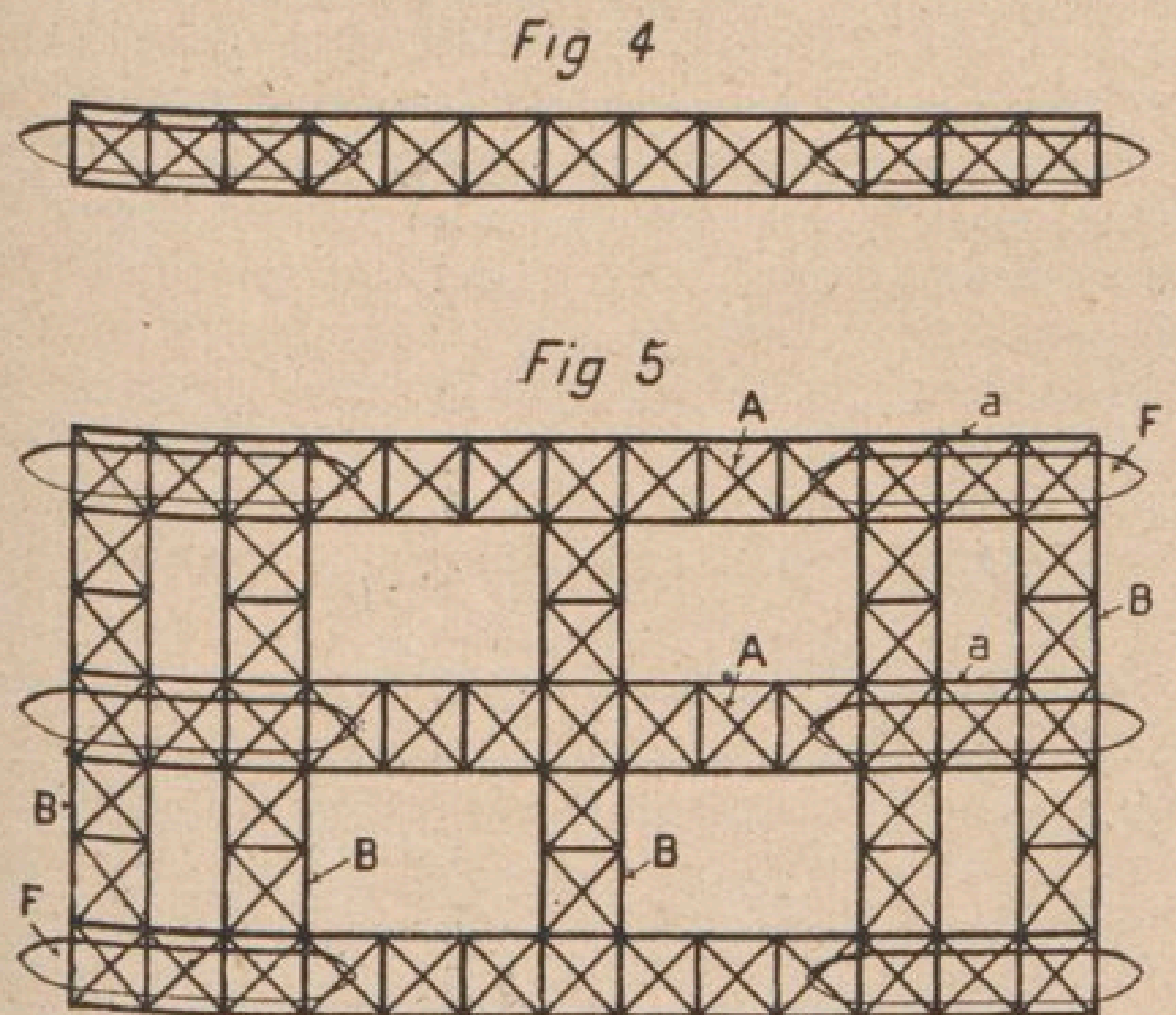
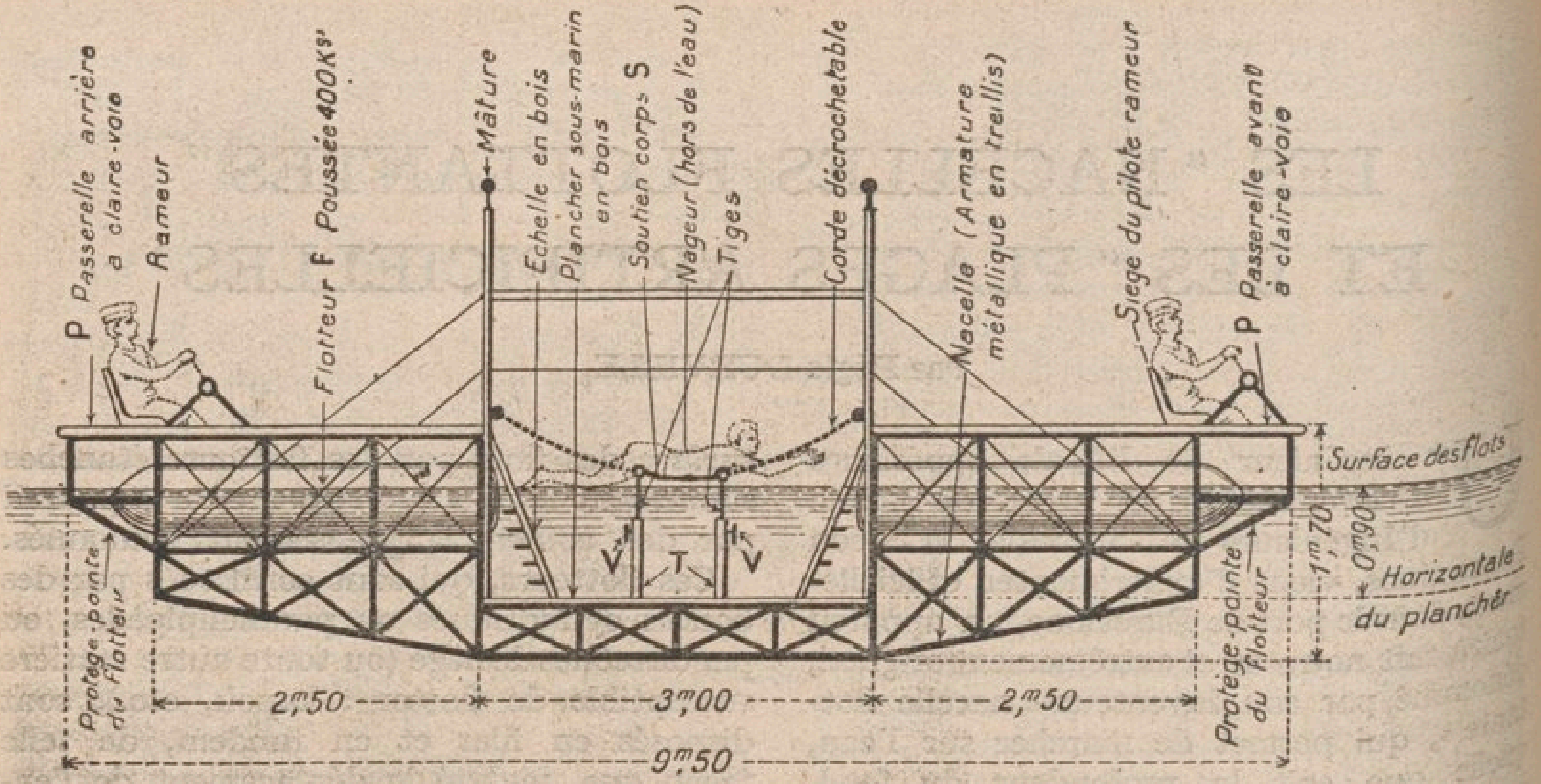


FIG. 1. ÉLÉVATION D'UNE NACELLE A UNE OU PLUSIEURS FILES DE FLOTTEURS. — FIG. 2. VUE EN BOUT D'UNE NACELLE A UNE SEULE FILE DE FLOTTEURS. — FIG. 3. VUE EN BOUT D'UNE NACELLE A PLUSIEURS FILES DE FLOTTEURS. — FIG. 4. VUE EN PLAN D'UNE NACELLE A UNE SEULE FILE DE FLOTTEURS. — FIG. 5. VUE EN PLAN D'UNE NACELLE A PLUSIEURS FILES DE FLOTTEURS.

Le sol sous-marin P, *solidaire de la nacelle, est situé horizontalement à 0 m. 90 de la surface des flots; il s'étend sur toute la superficie de la nacelle et constitue une véritable «plage artificielle».* — A, *longerons principaux du type de caisson en treillis;* a, *faces latérales des caissons;* B, *poutres transversales réunissant les longerons* A, *formant avec eux une charpente rigide dite « nacelle »;* F, *flotteurs;* P, *sol sous-marin.*



NACELLE FLOTTANTE (ÉLÉVATION) POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA NATATION

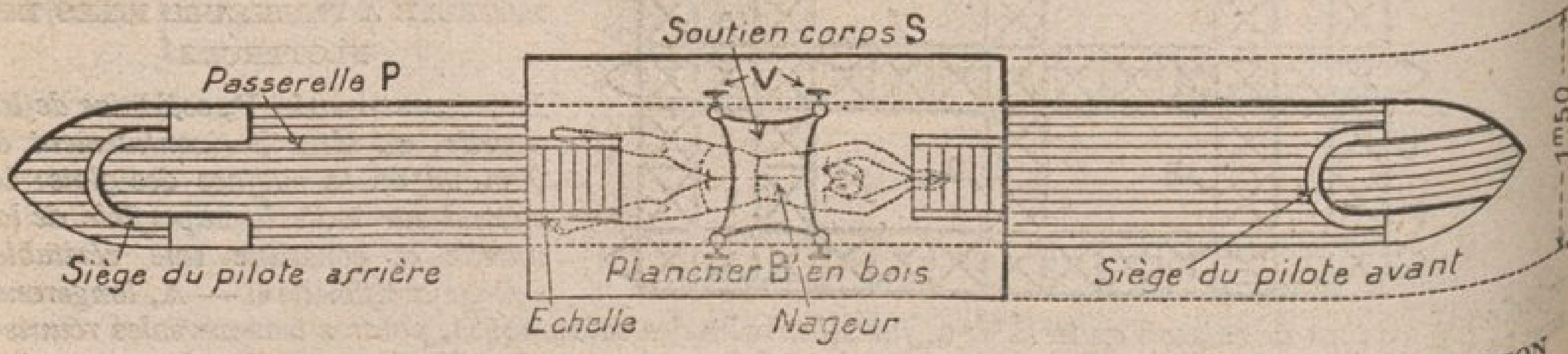
Cette nacelle, propulsée à rames, permet aux personnes ignorant la nage de marcher sur un sol sous-marin quelle que soit la profondeur des flots. En outre, elle leur permet, par la présence du soutien-corps S, *de prendre la position de natation par la simple manœuvre de quatre tiges coulissant à l'intérieur de tubes correspondants* T, *dans lesquels elles sont temporairement maintenues fixes par le serrage de poignées à vis* V. *La hauteur d'immersion et l'inclinaison du corps du nageur dans l'eau peuvent être graduées ainsi à volonté. Un pilote rameur se tient à l'avant de la nacelle et un autre rameur à l'arrière.*

Les côtés de ce bassin, ainsi que le fond, sont formés, comme la surface, de poutres en treillis, de telle sorte qu'il est complètement clos (sauf, bien entendu pour l'eau qui y circule librement). Le nageur novice, et même l'homme ne sachant nullement nager peuvent donc y prendre leurs ébats aquatiques en toute sécurité. De plus, deux escaliers, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, sont prévus, malgré le peu de profondeur, et leur permettront de descendre aisément au fond et d'en remonter. Car l'appareil, outre ses utilisations pour les sports nautiques, est spécialement destiné à l'enseignement de la natation, et les services qu'il est susceptible de rendre de ce chef semblent très réels.

Pour que l'apprenti nageur puisse prendre facilement et en toute sûreté la position ordinaire de natation (c'est-à-dire couché sur le ventre), il s'appuie sur un « soutien-corps » en toile à voile disposé dans le bassin et crocheté par ses quatre coins aux extrémités de quatre tiges d'acier pouvant coulisser verticalement et à volonté à l'intérieur de quatre tubes également en acier, solidaires des parois du bassin artificiel.

Suivant le désir du nageur, la hauteur du « soutien-corps », ainsi que son inclinaison peuvent se graduer, grâce à la présence de quatre poignées de serrage à vis, qui maintiennent temporairement fixes les tiges d'acier à la hauteur convenable dans les tubes métalliques où elles coulissent.

L'appareil est, en outre, agrémenté de deux passerelles à claire-voie, une à l'avant, l'autre à l'arrière, sur lesquelles prennent place des rameurs ou pilotes qui, par la manœuvre de leurs rames, lui impriment une vitesse convenable permettant au nageur encore novice d'avoir l'illusion complète de nager, ce qui est précieux dans cet enseignement, car l'élève a ainsi la possibilité de se donner l'essor qui l'habituera rapidement aux mouvements normaux et instinctifs de la natation.



VUE EN PLAN DE LA NACELLE FLOTTANTE POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA NATATION

Mais l'enseignement de ce sport, important entre tous, lequel est spécialement recommandé, depuis plusieurs années, par les gouvernements et les grandes sociétés, et qui, outre la formation d'athlètes, est de la plus grande utilité dans diverses circonstances au cours de la vie (par exemple dans un naufrage ou pour sauver son semblable en péril dans

EXPÉRIMENTATION, DANS LE PORT DE BARCELONE, D'UNE « NACELLE FLOTTANTE » CONSTRUITE EN VUE DE L'ENSEIGNEMENT PRATIQUE DE LA NATATION

les flots), ne constitue pas la seule utilisation de ces curieuses « nacelles flottantes ».

Suivant les types fondamentaux auxquels elles appartiennent, elles peuvent servir encore comme embarcations de plaisance, d'un genre tout à fait spécial, il est vrai, comme radeaux de sauvetage transportés sur le pont des navires et faciles à mettre à l'eau, ou, remorquées par ceux-ci, comme ponts flottants pour le passage des rivières, lesquels sont alors obtenus par accrochage de plusieurs éléments rectangulaires identiques.

L'inventeur assure, en effet, que les « nacelles flottantes » permettront, dans un avenir prochain, non seulement la construction de nacelles ou bassins de natation pour plusieurs élèves nageurs ou pilotes, agrémentés d'accessoires de sport nautique et de gymnastique, propulsés par des moteurs divers, mais encore la création de nacelles rectangulaires de grandes dimensions (par exemple 100 mètres de long sur 30 mètres de large), munies de leur sol sous-marin formant par leur continuité, due à leur identité de dimensions, poids et flottabilité, de véritables « plages artificielles ».

Ainsi donc, dans certaines grandes ou petites villes, situées sur le bord de la mer ou traversées par des fleuves plus ou moins larges et profonds, il sera loisible, dès lors, si elles sont privées de plages naturelles, impossibles à établir, de donner à leur population l'agrément de prendre en été des bains de mer ou d'eau douce par la création si facile et rapide, et, de plus, si peu coûteuse, de plages artificielles métalliques, offrant toute sécurité, et dont l'origine est dans les nacelles flottantes insubmersibles de natation, dont nous venons de donner la description.

RÉGIS DURVILLE

UN CUVEAU EN COURS DE MONTAGE

Quand les douves ont reçu leur forme et dimensions définitives, on les dresse debout, bord à bord, appuyées à leur sommet à un cercle de fer extérieur qui permet de les disposer circulairement. Quelques-unes, pour donner une solidité suffisante à l'ensemble, sont fixées au cercle de fer par de petites presses à vis.

VOULEZ-VOUS SAVOIR COMMENT ON FABRIQUE AUJOURD'HUI LES TONNEAUX EN BOIS ?

Par Achille GIROUX

Les tonneaux sont rares, par les temps qui courent. Quand on en trouve, neufs ou usagés, il faut les payer un prix excessif qui fait souvent reculer l'acheteur. Il s'ensuit nécessairement que, dans toutes les régions, les vignerons éprouvent des difficultés considérables pour expédier les produits de leurs récoltes aux particuliers, le contenant étant souvent plus coûteux que le contenu — et celui-ci, cependant, ne se donne pas, actuellement, précisément pour rien !

Les bois de tonnellerie sont désignés sous le nom de *merrains*. Ils s'obtiennent par la fente et par le sciage. Ils doivent être sains, sans aubier, sans nœuds ni aucune tare. Il ne faut pas qu'ils aient été, comme le bois de menuiserie, débités avec la scie qui découpe la bille en tranches successives, d'une écorce à l'autre, mais simplement fendus, avec le coutre et la mailloche, en rayons allant du cœur à l'écorce et dans le fil du bois, afin que les variations atmosphériques soient sans action sur leurs fibres. Ce point est très important.

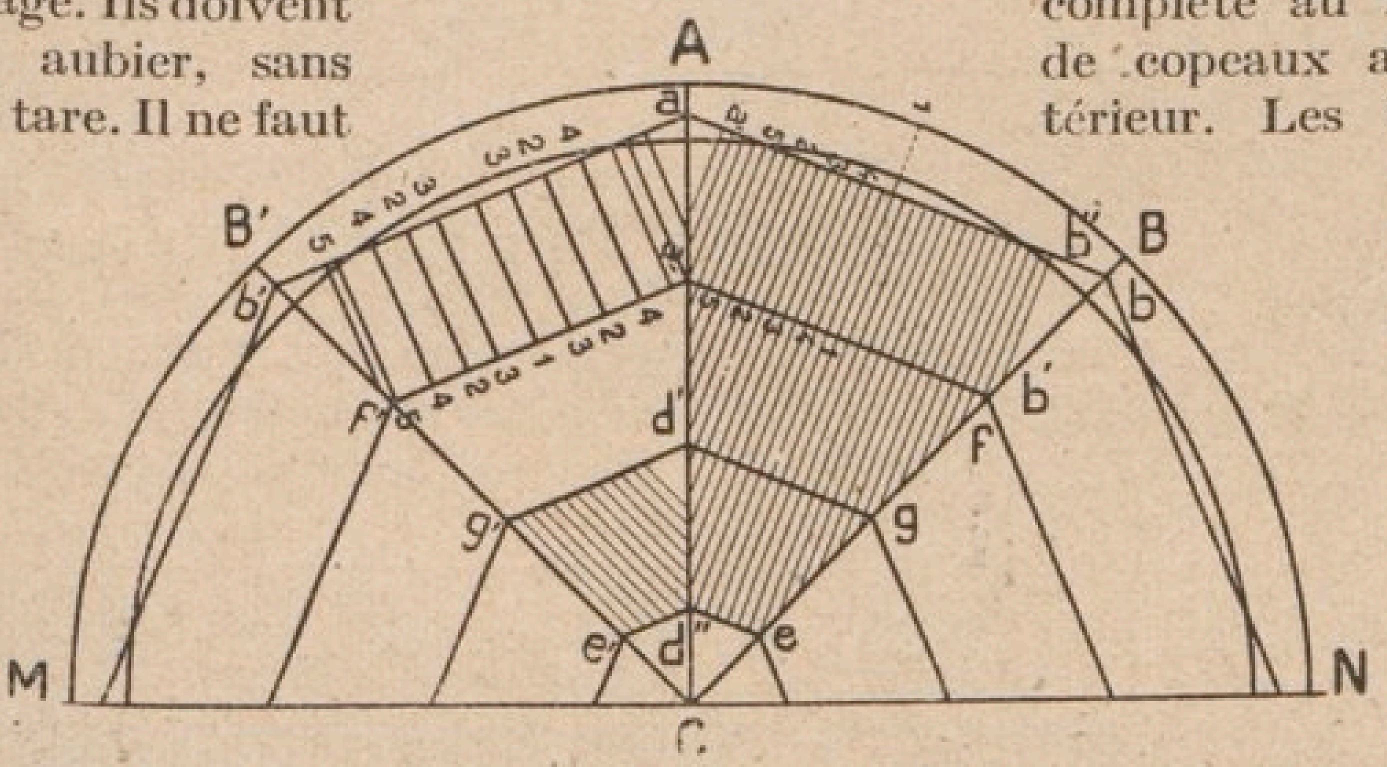


FIG. 1. — DÉBIT D'UN TRONC DE CHÊNE EN MERRAINS

(Voir dans le texte, à la page 363, l'explication des lettres portées sur la figure.)

La fabrication proprement dite des tonneaux comporte quatre opérations principales : le dolage, le jablage, le bâtissage ou ceintrage, le cerclage. Chaque douelle ou douve se travaille d'abord isolément sur une sorte de banc ou de chevalet servant d'établi ; avec l'outil appelé « doloire » on l'aplanit sur ses deux faces en lui donnant la courbure voulue et en préparant les joints qui doivent, comme dans la taille des pierres destinées à composer une voûte, avoir la coupe exigée pour leur appareillage. Un autre outil, sorte de hachette double, sert à creuser le « jable », rainure pratiquée aux deux extrémités des douelles et dans laquelle viendra s'emboîter le fond ; une varlope, appelée « colombe », est ensuite employée pour chanfreiner la douve, c'est-à-dire pour en amincir les deux bords aux extrémités, qu'elle taille en biseau.

Pour le bâtissage, les douves sont dressées de champ et circulairement l'une contre l'autre, assujetties en haut et en bas par des colliers de fer à vis qui les maintiennent pendant le ceintrage ; et leur bombage se complète au moyen d'un feu de copeaux allumé dans l'intérieur. Les fonds, composés de planchettes unies avec des goujons de bois et biseautées afin qu'elles s'emboîtent dans le jable des douves, sont ensuite successivement mis en place.

La pose des cercles autour du fût se fait au moyen de la « chasse », sorte de coin sur lequel l'ouvrier frappe avec un maillet de bois ou un marteau ; le cerclage doit être amené ainsi au tiers du tonneau. Même si on a recours aux cercles métalliques, il est bon d'y ajouter des cercles de bois pour servir en quelque sorte de coussin afin de préserver le bois des douelles quand on roule le fût sur des surfaces raboteuses.

Afin de consolider la fonçure, surtout dans les grandes pièces, on y fixe une forte traverse de bois avec des chevilles, également en bois. Enfin, on perce dans l'une des douves la bonde par laquelle se feront le remplissage, le soutirage, l'ouillage, cette der-

nière opération consistant à entretenir le plein à mesure que le liquide s'évapore ou est bu par le bois.

Mais ce ne sont là que les grandes lignes d'une fabrication qui comporte des détails d'une assez grande importance, dont nous allons dire quelques mots résumant une étude de M. Mouillefert, professeur aux écoles nationales d'agriculture.

Le merrain est en chêne ou en châtaignier. Mais le premier, quoique plus cher et plus dur à travailler, est bien préférable et est aussi le plus employé, surtout pour loger les eaux-de-vie.

La fabrication du merrain se fait ordinairement par fente dans la forêt, sur le parterre des coupes, ce qui permet de mieux choisir les bois convenables, d'opérer au fur et à mesure de l'abatage, parce que la fente est alors plus facile, et d'éviter ainsi le transport des déchets. Les billes, dont la longueur varie de 0 m. 55 à 1 m. 30, sont rangées près de l'atelier, mises à l'abri du soleil et la section recouverte de terre ou de gazon pour empêcher la dessiccation. Une équipe comprend ordinairement deux ouvriers : l'un, le fendeur, qui fend les pièces, et l'autre qui assure leur régularité au moyen de la doloire et de la plane.

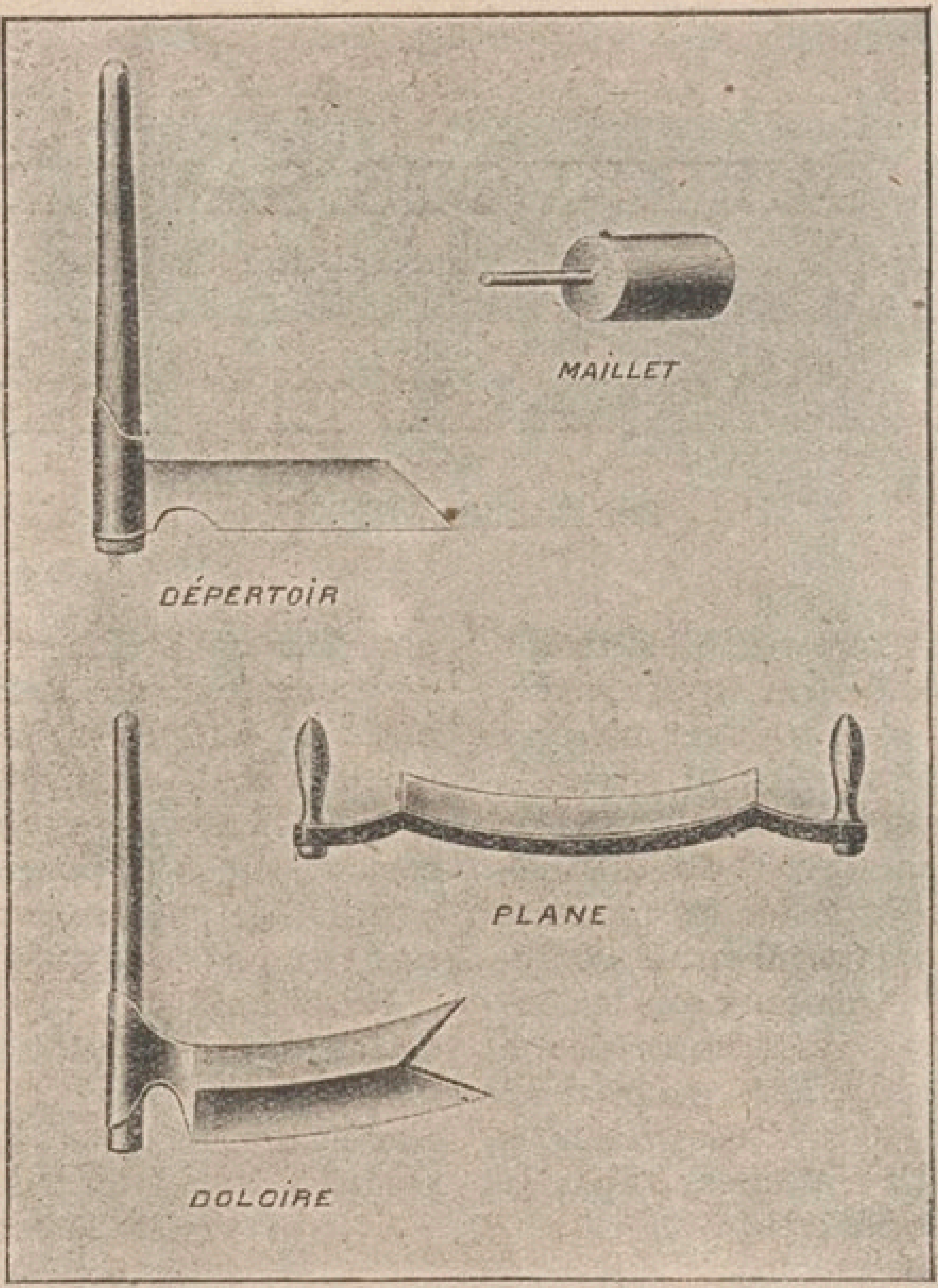


PLANCHE 2. — OUTILS DU TONNELIER DANS LA FABRICATION DES TONNEAUX A LA MAIN

On distingue deux sortes de merrains : ceux destinés à constituer les parois latérales des tonneaux, ou douves, que l'on désigne encore sous le nom de *douelles*, *longailles*, *longères*, *ganivelles*, etc., ceux pour la confection des fonds, ou *fonçailles*, *enfonçures*, etc...

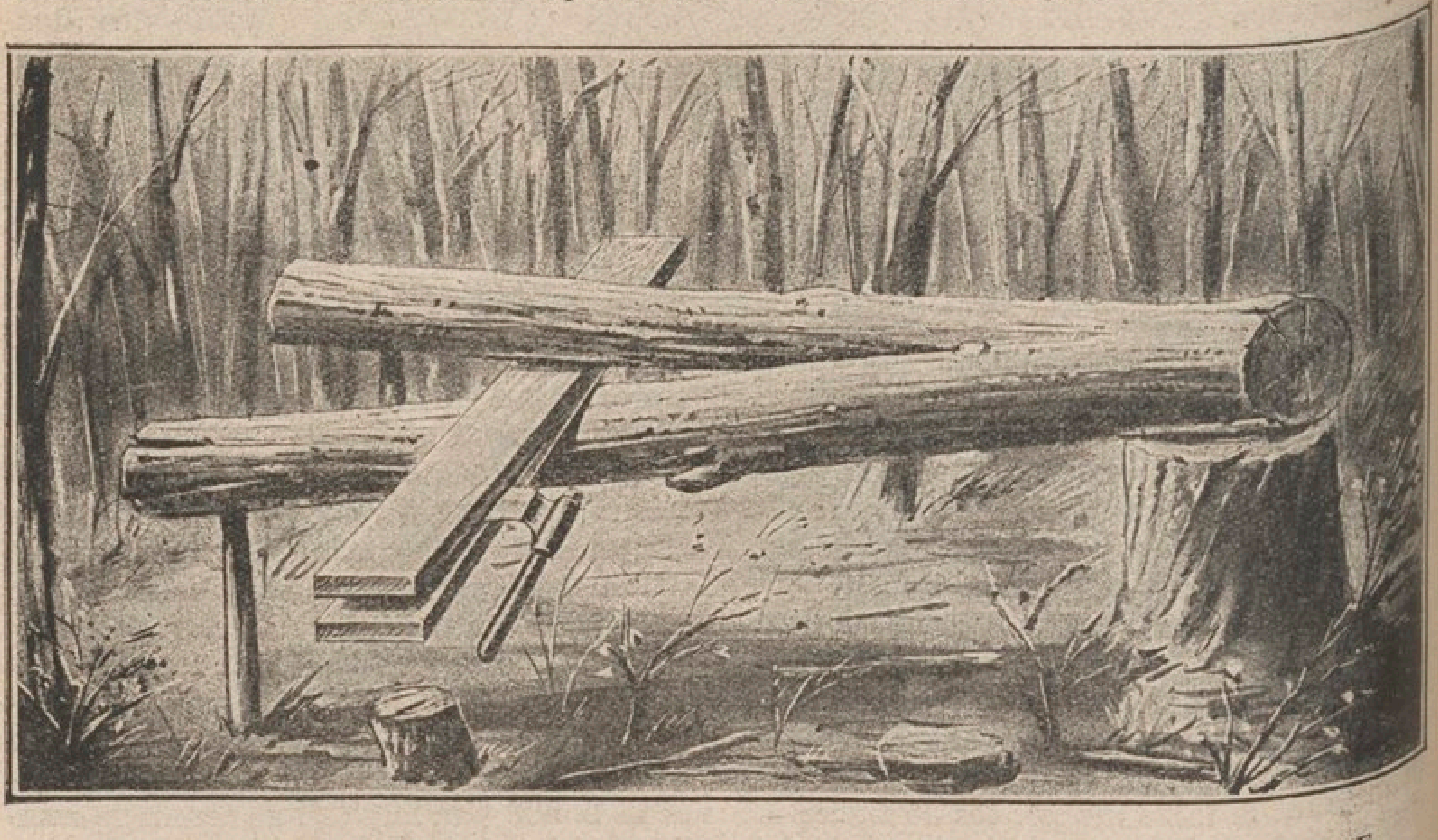


FIG. 3. — FOURCHE POUR LA TAILLE DES MERRAINS SUR LE CHANTIER D'ABATAGE

La pression que ces pièces auront à supporter s'exerçant dans le sens de leur épaisseur, il importe d'obtenir la plus grande résistance possible avec la plus petite épaisseur. Or, la plus grande résistance se trouve dans le débit fait suivant la direction des rayons médullaires et non dans le sens perpendiculaire à ces rayons qui viendraient ainsi présenter autant de points faibles à la pression intérieure.

Voici donc comment il importe de procéder. Les billes sont d'abord fendues en deux suivant la direction *M N* (fig. 1), qui devra donner la surface la plus plane, laquelle est désignée sous le nom de *franc-quartier*. Chacune des moitiés est, à son tour, fendue en deux, suivant *C A*, puis en quatre et plus, si la bille offre des dimensions suffisantes, de manière à décomposer cette bille en solides ayant pour base un secteur triangulaire *A B C*.

Pour effectuer cette division en pièces dites *tronces*, l'ouvrier fait une fente au milieu de la bille ou du quartier avec la cognée, retire celle-ci et plante à sa place un coin qu'il enfonce avec la tête du premier instrument jusqu'à la séparation complète. Chaque quartier est ensuite repris, l'aubier est enlevé suivant une fente tangentielle *ab*, *ab' ab"*, etc.; puis des largeurs *ad d d' dd"*, égales à celles des douves à obtenir, sont détachées; il reste un prisme *C d" e*, ne pouvant plus être utilisé comme merrain est considéré comme déchet. On peut cependant en tirer parti pour faire des lattes ou échalas; il en est de même de la partie *Aa*, *Bb*. Chaque prisme, *a b d f*, etc., est ensuite refendu en planchettes d'épaisseur déterminée, égale à celle que doivent avoir les douves. Comme la fente s'opère toujours mieux lorsqu'on a des deux côtés du fer une épaisseur égale de bois, elle s'effectue toujours en dédoublant les quartiers ; c'est ainsi que chaque prisme sera d'abord dédoublé suivant une ligne 1-1, puis chacune des deux moitiés, suivant 2-2, 3-3, 4-4, etc. La méthode est très pratique.

Les instruments employés pour la fente et la préparation des douves sont : le dépertoir (planche 2), à fer droit, horizontal, emmanché verticalement, dont le tranchant peu aigu, ne pouvant entamer les fibres du bois, agit principalement comme un coin, et le maillet massif au moyen duquel on enfonce le dépertoir dans le bois. La pièce à débiter est placée sur une sorte de fourche (fig. 3) ou triangle en bois monté sur trois pieds à une hauteur

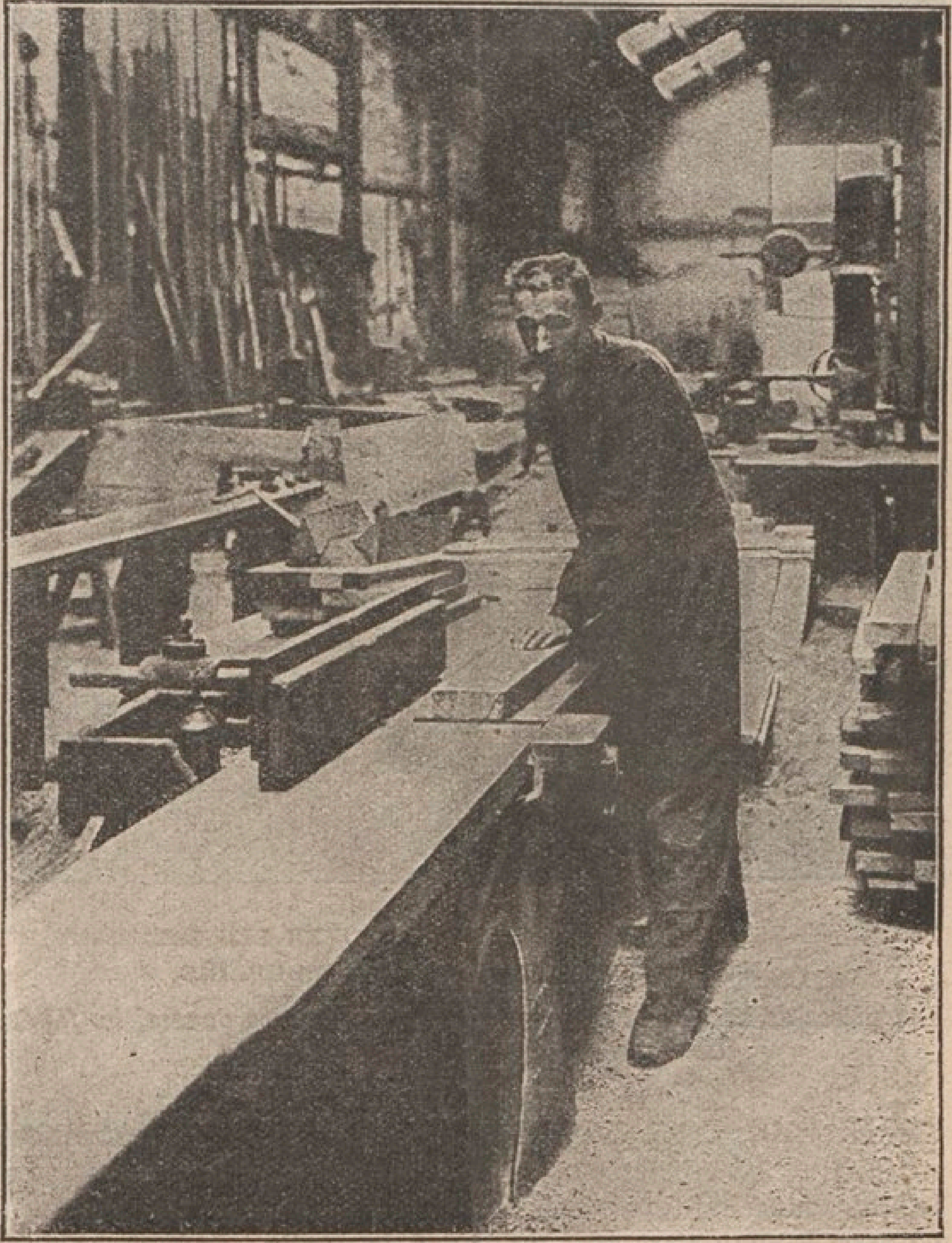


FIG. 4. — DÉGAUCHISSEUSE, POUR DÉGAUCHIR OU DRESSER LES SURFACES DES MERRAINS ET FAIRE MÉCANIQUEMENT LES JOINTS DES DOUVES ET DES FONDS

Le cylindre garni de lames tranchantes et tournant avec rapidité, fait légèrement saillie à la surface en passant par une fente transversale que l'on voit assez distinctement sur la photographie, au-devant de la pièce de bois que l'ouvrier pousse au-dessus d'elle.

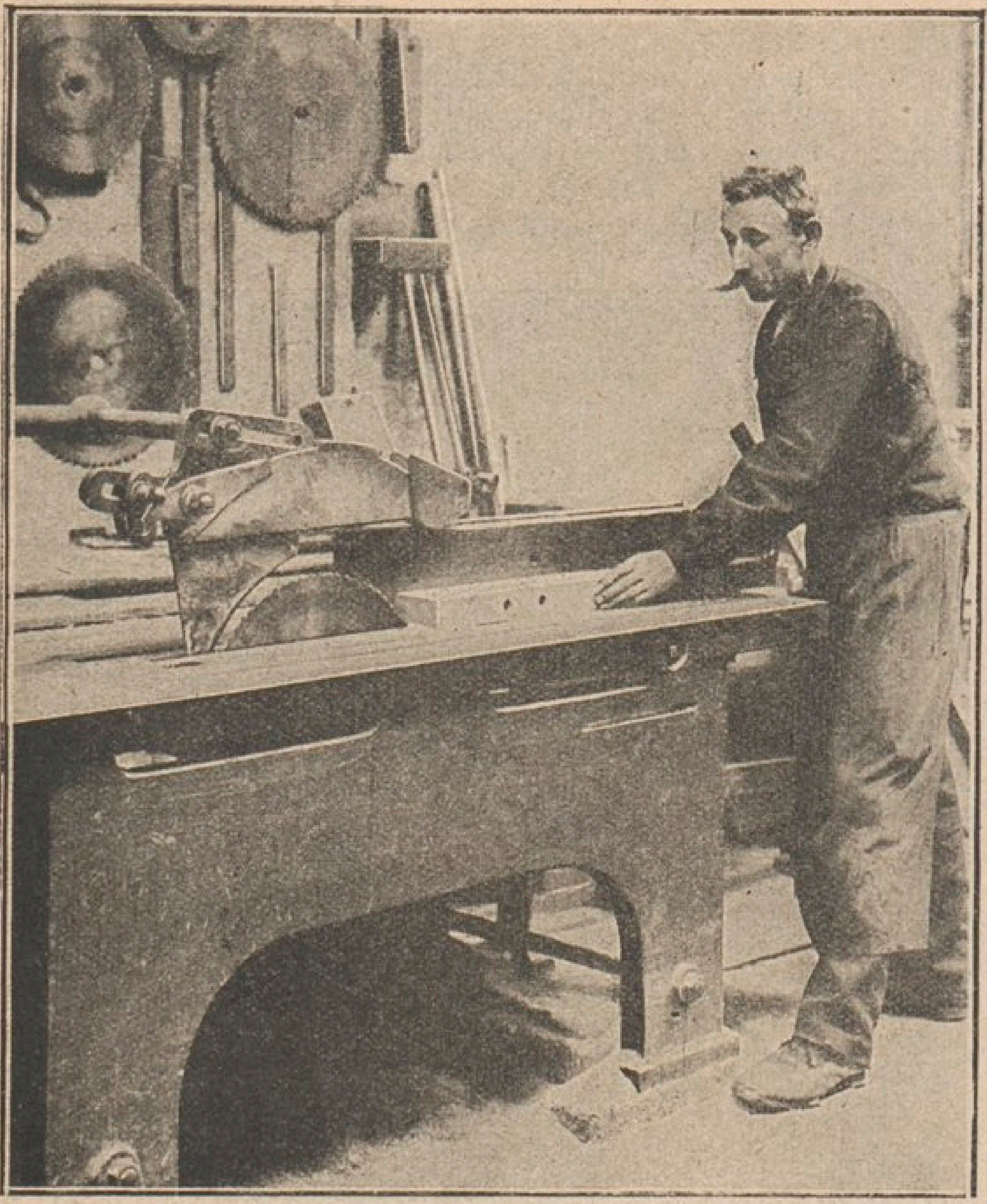


FIG. 5. — SCIE CIRCULAIRE POUR DÉCOUPER LES MERRAINS EN MORCEAUX DE LONGUEUR APPROPRIÉE

Les pièces de bois ainsi obtenues servent à faire les douves, les fonds, les traverses de fonds, les chevilles, etc.

d'environ 0 m. 35. L'ouvrier, tenant à la main gauche le départoir, l'applique suivant le sens voulu sur le morceau à fendre et l'enfonce avec le maillet ; puis, inclinant le quartier entre les branches de la fourche, la fraction la plus faible en dessus, il pousse l'instrument de la main droite en appuyant de la main gauche sur la partie inférieure, qui se sépare ainsi de la première avec une épaisseur régulière dans toute la longueur.

Les pièces ainsi obtenues sont dressées ou régularisées au moyen du *coutre* ou *doloire*, instrument tranchant et taillant, légèrement ceintré, emmanché comme le *départoir*, sauf que le manche est un peu incliné sur le fer. On enlève avec cet outil les esquilles, l'aubier ou flache et le bois inutile, de manière à donner aux douves une forme parfaitement régulière. Cette opération se nomme le *flachage*.

Les pièces ainsi régularisées sur la largeur et l'épaisseur sont ensuite polies à la plane, instrument à lame concave que l'ouvrier manipule avec les deux mains, en utilisant pour ce travail un chevalet constitué par deux planches inclinées, l'une fixe, servant de table, supportée par deux pieds, et l'autre, mobile, formant pédale pour abaisser un crochet qui maintient la douve sur la tablette. Une perche formant ressort relève à volonté le crochet et la pédale quand le pied n'agit plus sur celle-ci.

Après cette opération, le merrain est prêt à être livré pour la fabrication.

Quelles que soient les dimensions du tonneau, il y a toujours deux sortes de pièces : les douves ou douelles qui doivent former les parois latérales et les fonds. Pour une même catégorie, la longueur et l'épaisseur des douves et des fonds sont généralement fixes, avec une certaine tolérance pour l'épaisseur, tandis que la largeur varie souvent dans d'assez grandes limites.

Les cercles en bois employés pour maintenir les douves assemblées et former le tonneau peuvent être faits avec tous les bois assez souples et assez liants, mais les essences forestières les plus employées sont : le jeune châtaignier, les jeunes tiges de chêne, de noisetier, de charme, de merisier, de saule, de bouleau et de frêne. Toutefois, le châtaignier, par sa faculté de se fendre facilement, la régularité de ses tiges et surtout par sa résistance à l'humidité des caves, qui assure à ses cercles une durée de huit ou neuf ans, alors que ceux des autres espèces pourrissent en trois ou quatre ans, est de beaucoup supérieur aux autres essences de bois.

Les cercles en fer, employés couramment avec ceux en bois, sont taillés, par le tonnelier, dans un feuillard de tôle d'épaisseur convenable ; il leur donne une forme légèrement tronconique et les rive à la riveteuse. Des petits clous les maintiennent bien en place, ou bien, parfois, ceux-ci sont rem-

placés par des pointes en saillie, dirigées vers l'intérieur, prises dans le cercle même et qui s'enfoncent dans le bois de la douve.

Dans une barrique de 225 litres, il entre ordinairement 21 douves pour les côtés et 7 dans chaque fond, soit 35 en tout, plus les deux barres des fonds.

Le bouge est la partie la plus renflée du tonneau. Les dimensions des futailles sont, en général, réglées de manière que la longueur intérieure, le diamètre intérieur du bouge et le diamètre intérieur des fonds soient, dans toutes les pièces, comme les nombre 21, 18 et 16. Cette règle n'est pas absolue.

Les centres de production de tonneaux sont très nombreux en France ; ils comprennent le plus généralement de petits ateliers où le travail s'exécute à la main, avec lenteur.

Il existe cependant des machines spéciales faisant d'excellent travail, quoi qu'en disent certains ouvriers qui ne veulent pas abandonner les vieux procédés. Elles exécutent parfaitement le dolage, le biseautage, le ceintrage, le cerclage. Grâce à elles, dix ouvriers fabriquent facilement cent vingt à cent trente pièces par jour, soit plus du double de l'ouvrage qui se ferait à la main. Elles sont surtout précieuses dans les années de récolte abondante où les futailles doublent de prix et où l'ouvrier ne peut suffire à la commande ; elles permettent alors de réaliser de gros bénéfices.

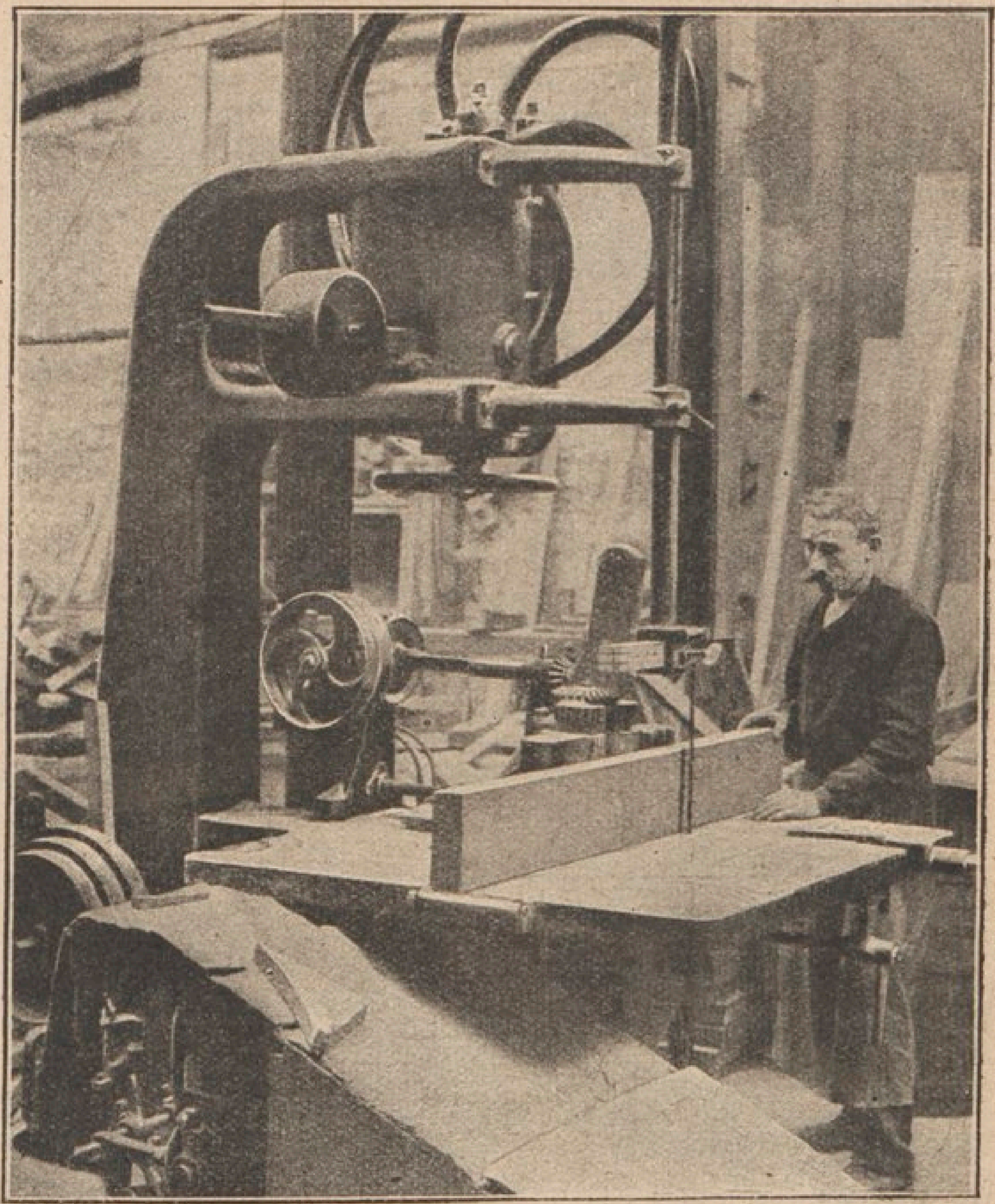


FIG. 6. — SCIE A RUBAN PLUS SPÉCIALEMENT EMPLOYÉE POUR LE DÉDOUBLEMENT DES MERRAINS

Derrière la pièce de bois, on voit deux cylindres cannelés servant à lui donner la direction et l'avancement réguliers.

Les machines qui effectuent la taille des douves sont d'un type bien connu. Comme, ainsi qu'on le comprend suffisamment, les bords de ces douves, pour s'assembler avec les douves voisines, doivent être taillés de biais ou en biseau, elles font la face figurant le joint en plan droit, le plan dans le montage passant par la ligne axiale du tonneau.

Le bouge ou renflement est donné par la convexité des mâchoires du chariot, la pente des biseaux, par la direction ou la plus ou moins grande inclinaison du plan des scies.

Les bords des douves sont façonnés par deux couteaux, l'un pour un bord, l'autre pour le bord opposé ; ils tournent, convergent et divergent synchroniquement pour tailler les bandes de bois dans le biais voulu et leur donner la forme nécessaire à leur bonne utilisation. Dans ce but, on emploie une poulie en sections coopérant avec des rouleaux centrés sur des consoles pivotées portant les arbres sur lesquels les couteaux sont fixés. L'alimentation des bandes de bois s'effectue soit par des rouleaux porteurs et la pression des bandes suivantes, et elles sont retenues dans la position de transport par d'autres rouleaux tournant à leur contact, soit par une chaîne sans fin garnie de crochets pour engager les bandes, et, en ce cas, elles sont retenues en position par des ressorts ou des barres réglées aussi par des ressorts.

M. Lacaze a inventé récemment une nou-

velle machine à fabriquer les tonneaux qui exécute le travail avec célérité, régularité et facilité de manœuvre (planche 11).

Elle se compose d'un bâti supportant des chemins de roulement avec quatre galets dont les axes sont portés par des cornières formant les côtés latéraux d'un chariot et qui sont reliés à deux pièces portant des axes sur lesquels sont articulées deux autres pièces réunies l'une à l'autre par une troisième pièce courbe destinée à recevoir la douve à cintrer, et dont l'une des extrémités porte l'articulation d'un levier muni d'une poignée de manœuvre et aussi d'un taquet à mentonnet.

En une partie de sa longueur, ledit levier porte un patin convenablement articulé sur lui et qui est destiné à venir appuyer la douve sur la pièce cintrée pour lui donner la courbure convenable à la grosseur du tonneau à fabriquer. Le taquet à mentonnet sert à fixer le levier dans la position angulaire qui convient au cintrage de la douve.

Les deux pièces (celles qui sont réunies à la pièce courbe) sont rainurées latéralement pour recevoir chacune une autre pièce pouvant coulisser dans lesdites rainures et qui sont chacune percées en haut d'un trou ovalisé pour recevoir le bout d'un levier pouvant être déplacé angulairement à l'intérieur du trou. Chacun de ces deux leviers est articulé en une partie de sa longueur sur l'extrémité inférieure de bras qui sont tenus, à leur extrémité supérieure, par la pièce cintrée. Sur l'un de ces bras est articulé un levier à poignée dont l'extrémité opposée à cette poignée porte, articulées sur elle, deux biellettes articulées elles-mêmes chacune à leur extrémité inférieure, sur l'un des leviers.

Un ressort antagoniste équilibre le levier supérieur de la machine de façon parfaite.

Deux chariots sont disposés symétriquement et ils peuvent être déplacés dans un sens transversal aux cornières, de façon à écarter plus ou moins l'une de l'autre les deux scies circulaires dont ils portent les arbres. Chacun est pourvu inférieurement d'un bras qui porte une pièce en forme d'U. L'une est munie d'une crémaillère à sa partie inférieure, et l'autre, à sa partie supérieure. Elles ne sont pas disposées dans le même plan, mais placées l'une contre l'autre, de manière à pouvoir coulisser dans des sens différents, et, entre les deux crémaillères, est disposé un pignon engrenant avec elles; sur son axe est calé solidement un levier à poignée.

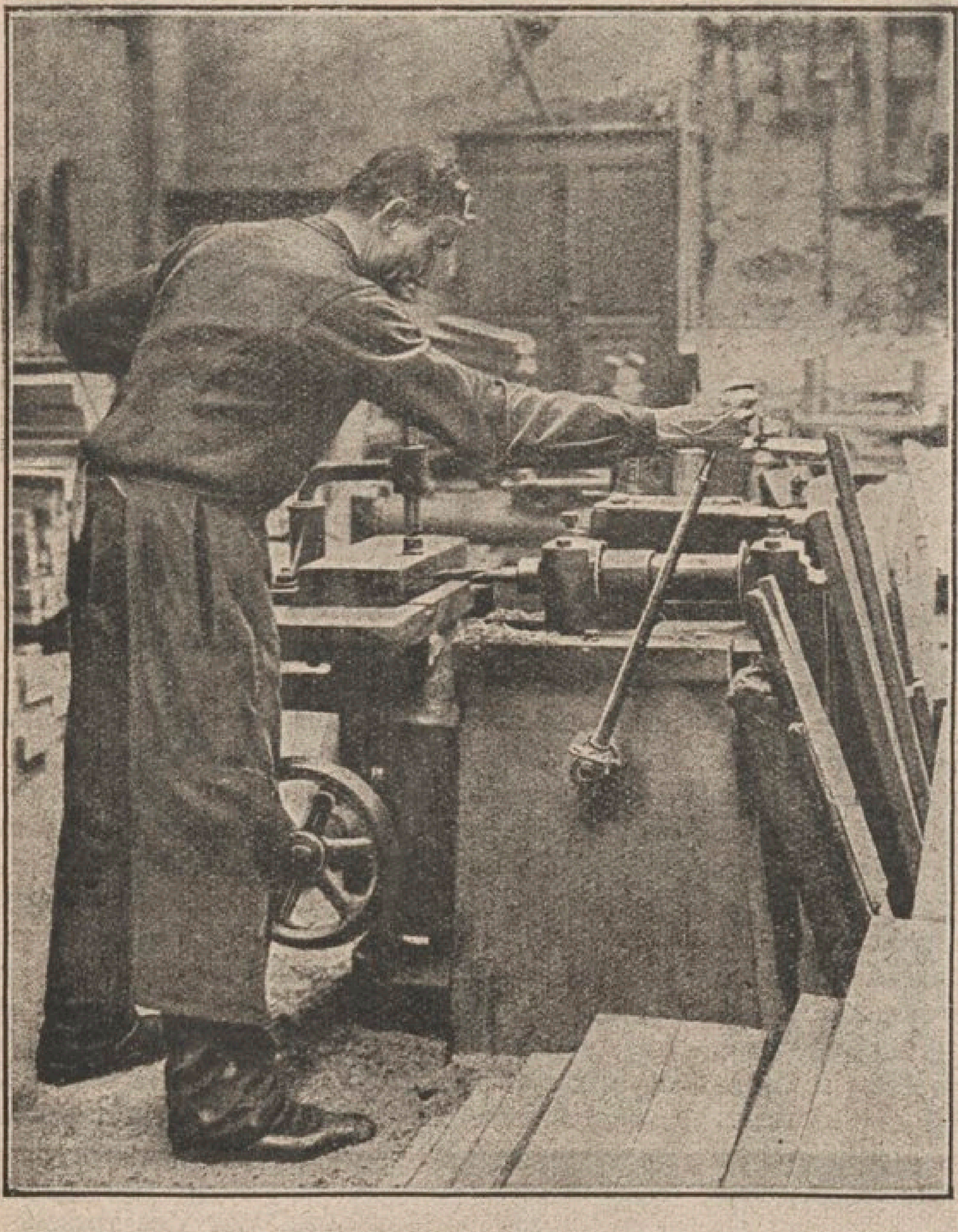


FIG. 7. — MACHINE POUR LE PERÇAGE DES FONDS

En manœuvrant ce levier dans un sens ou dans l'autre pour déplacer angulairement le pignon, on écarte plus ou moins les deux scies. La distance qui les sépare alors règle avec précision la largeur de la douve à travailler.

Enfin, en faisant pivoter sur son axe, et de façon appropriée, le levier qui porte à l'un des bouts les deux biellettes, on fait monter ou descendre, comme il convient, les pièces coulissant dans des rainures (celles qui portent un trou ovalisé pour recevoir le bout des leviers articulés

aux biellettes) (à gauche sur la figure de la page 370).

Comme leurs faces latérales sont inclinées, il en résulte que, suivant leur hauteur, par rapport aux ailes horizontales des cornières, on peut incliner plus ou moins la partie du chariot qui comporte les pièces rainurées, la pièce cintrée et le levier supérieur de la machine, lequel, ainsi qu'on l'a dit, possède un ressort antagoniste tendant à le ramener toujours dans la même position, et qu'alors on peut déterminer l'inclinaison convenable de cette partie du chariot pour que les faces latérales de la douve fassent avec celle-ci un angle approprié, lorsque ces faces latérales ont été soumises à l'action des scies.

Des secteurs à encoches maintiennent les organes dans leurs différentes positions pendant le travail.

On voit qu'à l'aide de cette machine, l'oscillation du chariot à droite ou à gauche est très rapidement réglable, suivant l'inclinaison à donner au champ des douves, qu'il en est de même du degré de courbure à donner à celles-ci dans le sens longitudinal et encore de la position des scies qui convient à la largeur des douves.

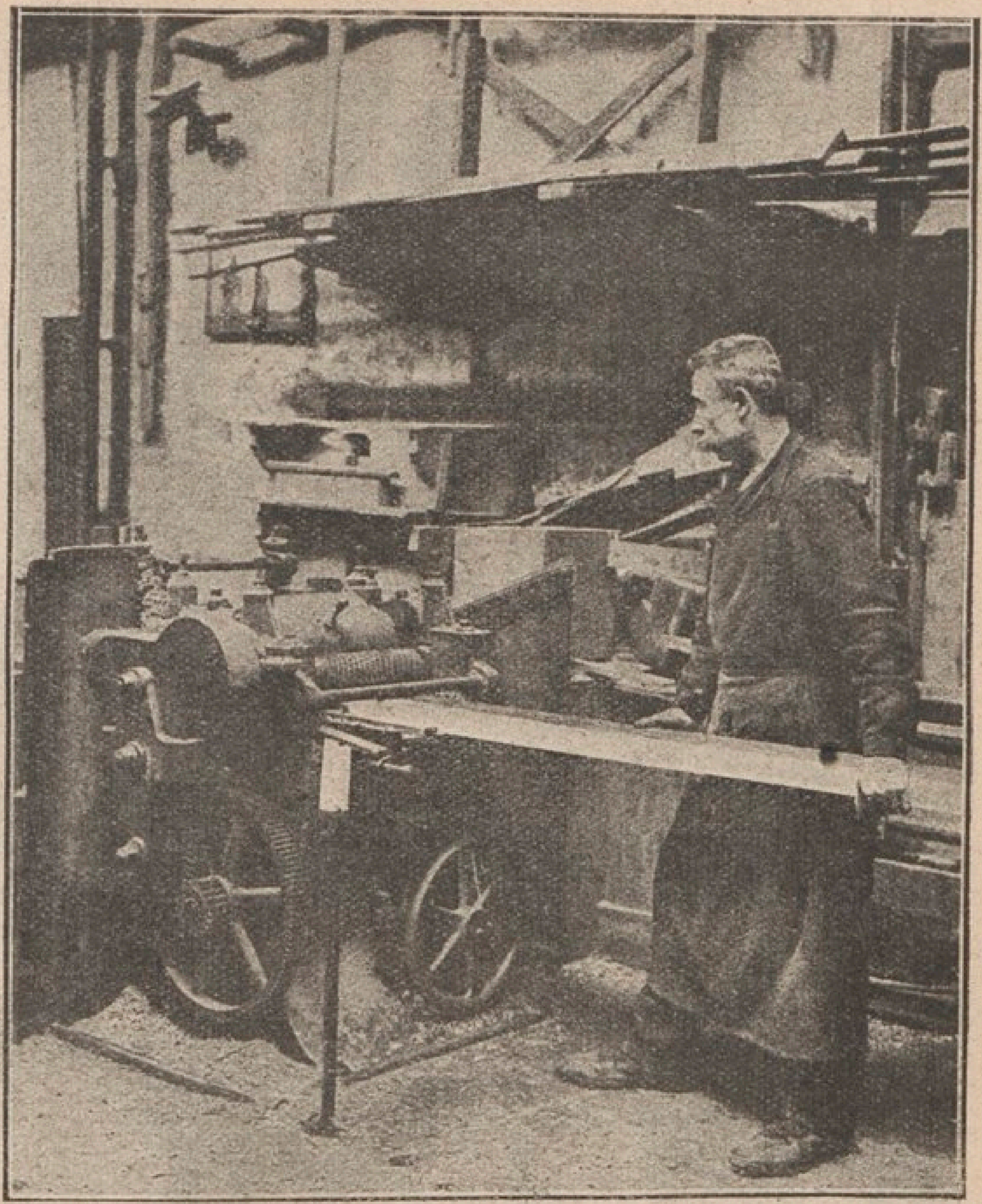


FIG. 8. — RABOTAGE DES DEUX FACES DES DOUVES

Quand les douves sont taillées, on les assemble en un corps cylindrique que l'on maintient soit à l'aide de cordes ou de colliers à vis, soit par un cerclage sommaire et provisoire. On a ainsi une ébauche de tonneau que l'on place sur une machine qui exécutera automatiquement le travail du chanfreinage, du jablage et du dôlage. Plusieurs types de ce genre de machine existent ; nous ne parlerons ici que de celle inventée et brevetée l'an dernier par MM. Ritchie et Lindsay, qui est assez simple et pratique, et qui simplifie et accélère le changement d'un tonneau à un autre, car cette opération peut s'effectuer sans arrêter la rotation des couteaux (planche 12).

Le tonneau est serré solidement contre deux mandrins incapables de tourner, dont l'un est fixé au bâti de la machine, tandis que l'autre est susceptible de glisser à sa surface, en sorte qu'on peut l'avancer ou l'éloigner pour faire varier la distance qui le sépare du mandrin fixe et permettre ainsi de monter entre eux, en un temps des plus courts, des tonneaux de longueurs différentes.

Chaque mandrin est pourvu d'un certain nombre de couronnes ou bagues de retenue, interchangeables, ayant le même diamètre extérieur, tandis que le diamètre intérieur varie suivant la dimension des tonneaux en voie de fabrication. Chacune d'elles est tenue dans sa position d'activité dans une rainure circulaire d'une couronne divisée ou brisée faisant partie du mandrin ; cette couronne étant établie à charnière, de façon à pouvoir s'ouvrir pour permettre l'introduction ou l'enlèvement des bagues de retenue.

Le mandrin coulissant est actionné par une transmission à friction, de manière à égaliser automatiquement la pression qui doit s'exercer uniformément sur les mandrins et les bouts des tonneaux. A cet effet, une traverse ou pièce formant pont est reliée à une tige

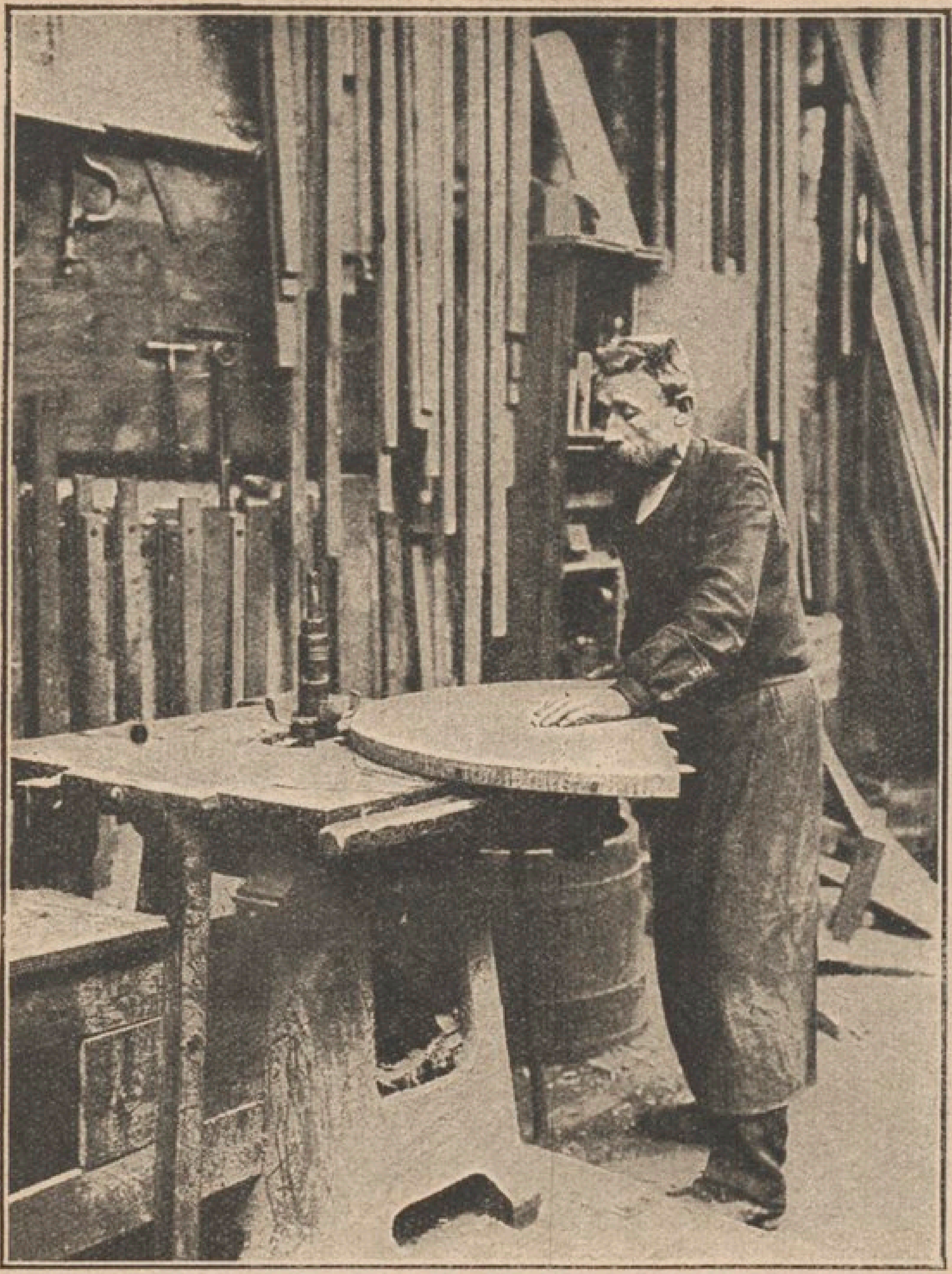


FIG. 9. — TOUPIE SERVANT A CHANFREINER LES EXTRÉMITÉS DES DOUVES ET A Y PRATIQUER LES « JABLES » OU VIENDRONT S'ENCASTRER LES BORDS DES FONDS

filetée et travaille en antagonisme à l'action d'un ou de plusieurs ressorts, lesquels sont disposés de façon à se trouver comprimés par un mouvement d'avant en arrière de la tige filetée ; sous l'effort d'une pression excessive, ce ou ces ressorts actionnent une détente qui met hors d'action ou débraye le mécanisme de commande de la tige filetée ; le dispositif à friction a son sens d'action complètement renversé à la fin de la passe.

Les blocs portant les couteaux pour chanfreiner, jabler et doler sont respectivement fixés sur des écrous montés sur des vis à pas à droite et à gauche, tenus en position sur des disques à fentes, de telle manière que les couteaux peuvent être écartés ou rapprochés, radialement, suivant les dimensions variables des extrémités du tonneau, et ces couteaux sont disposés en deux jeux constituant la répétition l'un de l'autre, de sorte que les deux bouts d'un tonneau peuvent être travaillés simultanément par la machine.

Au lieu que ce soient les mandrins et le tonneau qui tournent, ce sont les couteaux, et comme on peut actionner ceux-ci avec une vitesse beaucoup plus grande, le temps et la force motrice jusqu'ici nécessaires pour effectuer les opérations en question se trouvent réduits d'une façon sensible. Enfin, on peut régler et ajuster les couteaux par rapport aux blocs qui les portent.

Le fonctionnement du dispositif est le suivant :

On introduit les couronnes ou bagues de retenue correspondant à la grandeur des extrémités du tonneau dans les couronnes divisées (c'est-à-dire, ainsi qu'on l'a dit plus haut, établies à charnière, afin de pouvoir s'ouvrir) des mandrins correspondants, et on les assujettit au moyen de leviers.

On place ensuite le tonneau entre les bagues ou couronnes de retenue, et, en manœuvrant un levier vers la droite, on fait rentrer, au moyen du mécanisme à friction qui actionne la tige filetée par l'intermédiaire de roues dentées, le mandrin ajustable jusqu'à ce que les bouts du tonneau soient solidement tenus par les couronnes. On fait alors avancer en position les plateaux avec leurs porte-couteaux en faisant tourner respectivement les volants qui les commandent, et, au moyen d'un levier, l'ouvrier manœuvre sans grand effort les porte-couteaux et les couteaux de manière à rogner d'abord les bords des douves (en formant les extrémités du tonneau) et à chanfreiner, jabler, doler ensuite lesdites douves.

En manœuvrant le levier en sens inverse, on amène le cône de commande en prise avec le cône opposé, monté sur la tige filetée, ce qui renverse ainsi le mouvement de cette dernière. On peut alors enlever le tonneau travaillé sans arrêter les couteaux et le rem-

placer par un nouveau tonneau ébauché.

Le cerclage des tonneaux et la pose des fonds peuvent s'exécuter également à l'aide de machines qui sont, comme les précédentes, de divers types, en général assez simples, et qui opèrent avec une grande rapidité. L'une d'elles, inventé récemment, peut même poser tous les cercles d'un tonneau d'un seul coup.

On construit en Amérique et aussi dans les autres pays, maintenant, une machine très employée qui permet non seulement le cerclage des tonneaux au cours de leur fabrication, mais encore leur recerclage, principalement lorsqu'ils sont neufs, quand, pour une cause quelconque, les premiers cercles se sont relâchés par suite du retrait des douves. L'embarillage de l'eau-de-vie et des diverses liqueurs nécessite souvent aussi un nouveau cerclage, surtout lorsque le bois employé à la confection des fûts n'était pas bien sec, ou encore lorsque, ayant subi trop de chocs ou de secousses, ils se sont mis à fuir. La machine peut leur remettre des cercles, même lorsqu'ils sont pleins ; elle peut également servir à cercler les barils à pétrole, les tonneaux de salaisons et les fûts à bière. En un mot, elle est établie de manière à pouvoir cercler et recercler des tonneaux, avec des bandes de fer, quels que soient leur destination et également leur contenu (fig. 13).

Elle est établie sur un solide châssis en bois qui porte des montants en fer. Entre ceux-ci glisse, à chaque extrémité, un châssis vertical monté sur des tiges longitudinales et portant un plateau circulaire sur la face intérieure duquel sont fixées, par des charnières à pivot, douze tiges en forme de mâchoires. Sur ces tiges, pressent des ressorts formés d'une feuille d'acier recourbé ; elles sont guidées par un double disque à coulisses, qui est actionné par une came reliée à une tige longitudinale portant un levier. Celui-ci, comme le montre la figure, est situé à la partie supérieure de la machine. Lorsqu'on l'actionne, les vingt-quatre mâchoires sont soulevées simultanément dans des limites suffisantes pour tenir compte du bouge et des différentes dimensions des fûts.

Les plateaux qui portent les mâchoires peuvent, de leur côté, glisser en avant et en arrière, à volonté, au moyen d'une roue dentée actionnée par un pignon monté sur un arbre qui porte deux poulies avec débrayage et levier de renversement. L'arbre de la roue d'engrenage est fileté à chaque extrémité, avec le même pas de vis; tandis que l'un des filets pousse le plateau de gauche l'autre pousse celui de droite.

Pour resserrer avec cette machine les cercles d'un fût, on place celui-ci sur un chevalet dont la hauteur et la largeur peuvent s'ajuster à ses dimensions. Les mâchoi-

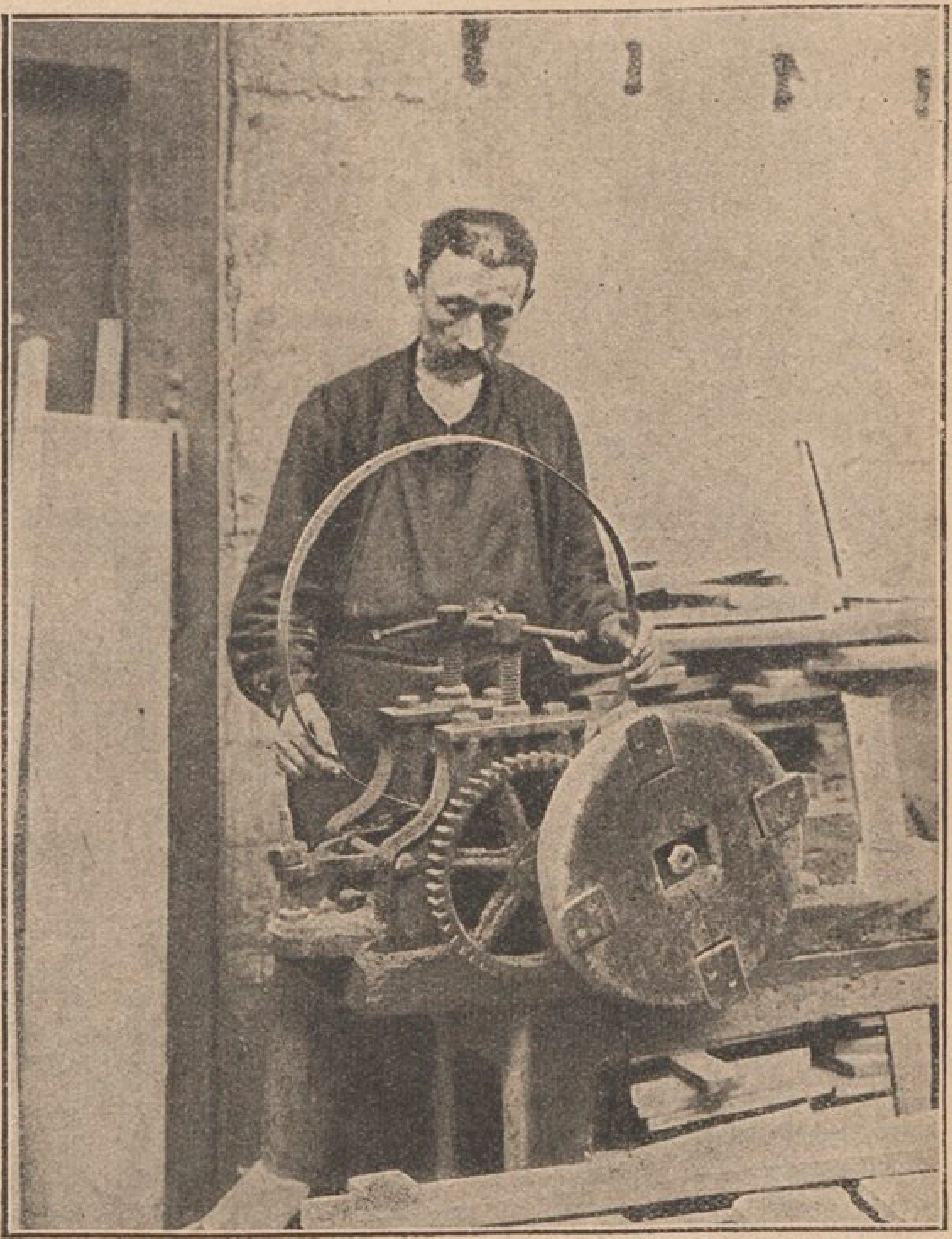


FIG. 10. — CINTREUSE OU MACHINE DESTINÉE A CINTRER LES CERCLES DE FER DES TONNEAUX EN BOIS EN LEUR DONNANT UNE FORME LÉGÈREMENT TRONCONIQUE

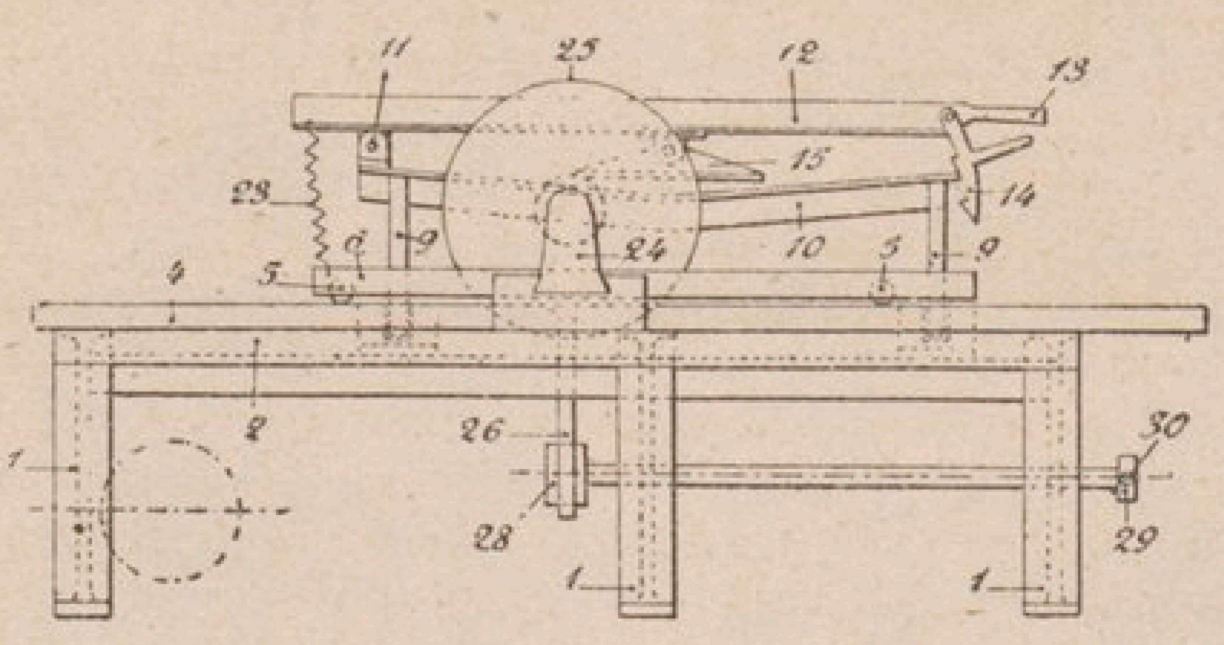


FIG. I

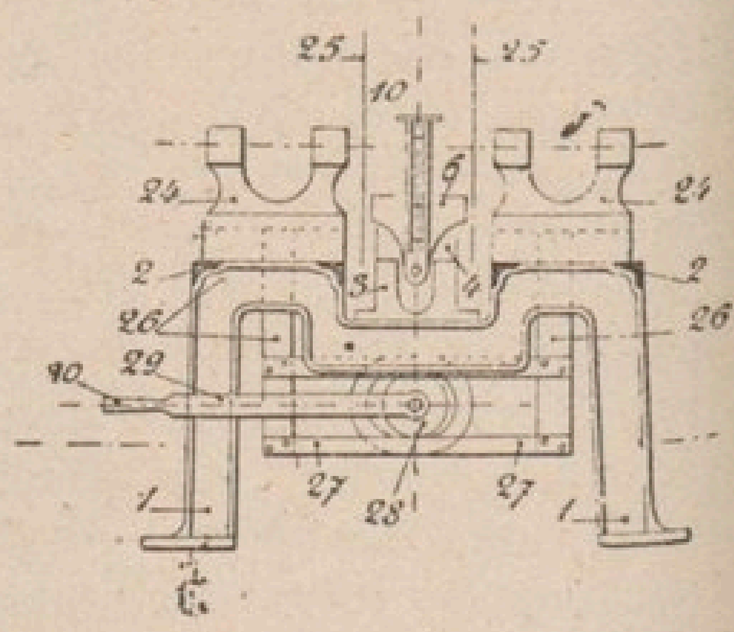


FIG. 2

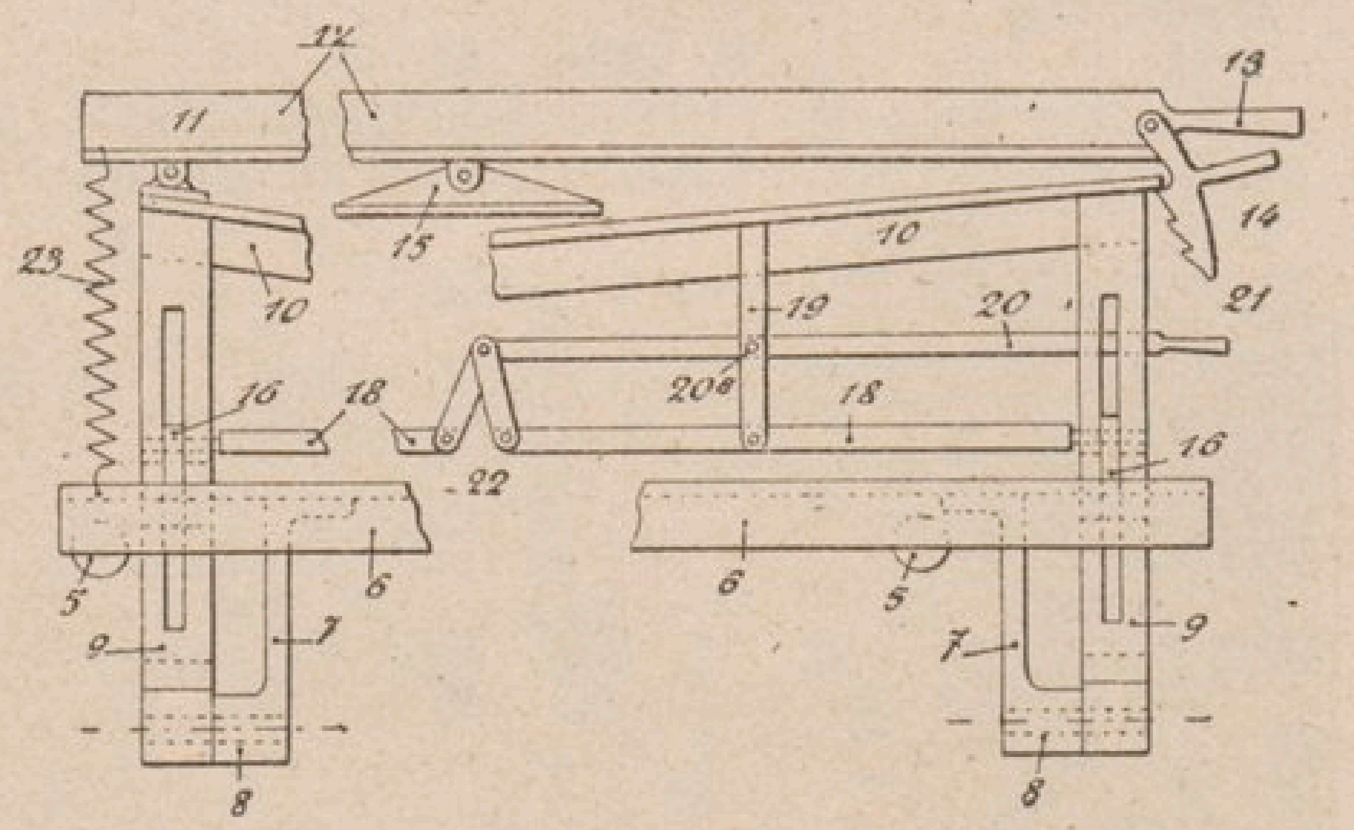


FIG. 3

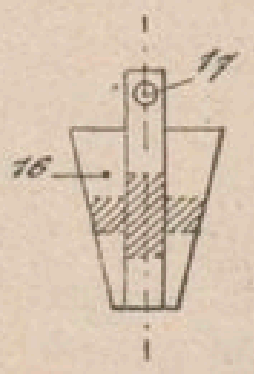


FIG. 4

PLANCHE 11. — SCHÉMAS DE LA MACHINE A TAILLER LES DOUVES LACAZE

Fig. 1 : *vue en élévation longitudinale; fig.* 2 : *vue par bout; fig.* 3 : *vue en élévation, à une échelle agrandie, du chariot, brisé dans sa longueur; fig.* 4 : *vue de l'un des éléments du chariot.* — 1, *pieds du bâti;* 2, *cornières;* 3, *support du chemin de roulement;* 4, *chemin de roulement;* 5, *galets;* 6, *cornières portant les axes des galets;* 7, *pièces portant des axes* 8, *sur lesquels sont articulées deux autres pièces* 9, *réunies l'une à l'autre par une troisième pièce courbe* 10; 11, *articulation du levier* 12 ; 13, *poignée de manœuvre;* 14, *taquet à mentonnet;* 15, *patin;* 16, *pièce pouvant coulisser dans les pièces rainurées* 9 ; 17, *trou ovalisé;* 18, *levier articulé;* 19, *bras;* 20, *levier à poignée* 21 ; 22, *biellettes;* 23, *ressort antagoniste;* 24, *chariots;* 25, *scies;* 26, *bras des chariots;* 27, *pièces en forme d'U portant chacune une crémaillère;* 28, *pignon;* 29, *levier;* 30, *poignée servant à la manœuvre de ce dernier levier.*

res attaquent à la fois les premiers cercles des deux côtés, au moyen d'un prolongement qui porte une saillie intérieure. En mettant la machine en mouvement, les cercles sont simultanément poussés vers le centre, d'une manière uniforme sur tout leur pourtour, tandis que, dans le cerclage à la main, on ne peut agir que par chocs et en un seul point à la fois. On obtient donc une pression bien égale sur les cercles, en même temps qu'une compression graduée des douves.

Lorsque les premiers cercles ont été resserrés, on soulève les mâchoires, de manière à leur faire lâcher prise et à les adapter à l'augmentation du diamètre du fût, et on attaque les cercles suivants.

La machine peut s'adapter à des fûts de plus de deux cents litres, comme à de très petits barils. Pour cela les plateaux sont munis de rainures en spirale qui permettent de déplacer très facilement les mâchoires du centre à la circonférence ; on les fixe simplement au moyen d'écrous.

Le travail est effectué très rapidement, soit deux fûts en moyenne par minute, à six cercles chacun. On arrive à cercler ainsi 1.200 à 1.500 fûts par journée de dix heures, qu'ils soient neufs ou vieux, vides ou pleins.

Il se confectionne des fûts de toutes les dimensions, depuis ces gigantesques tonnes,

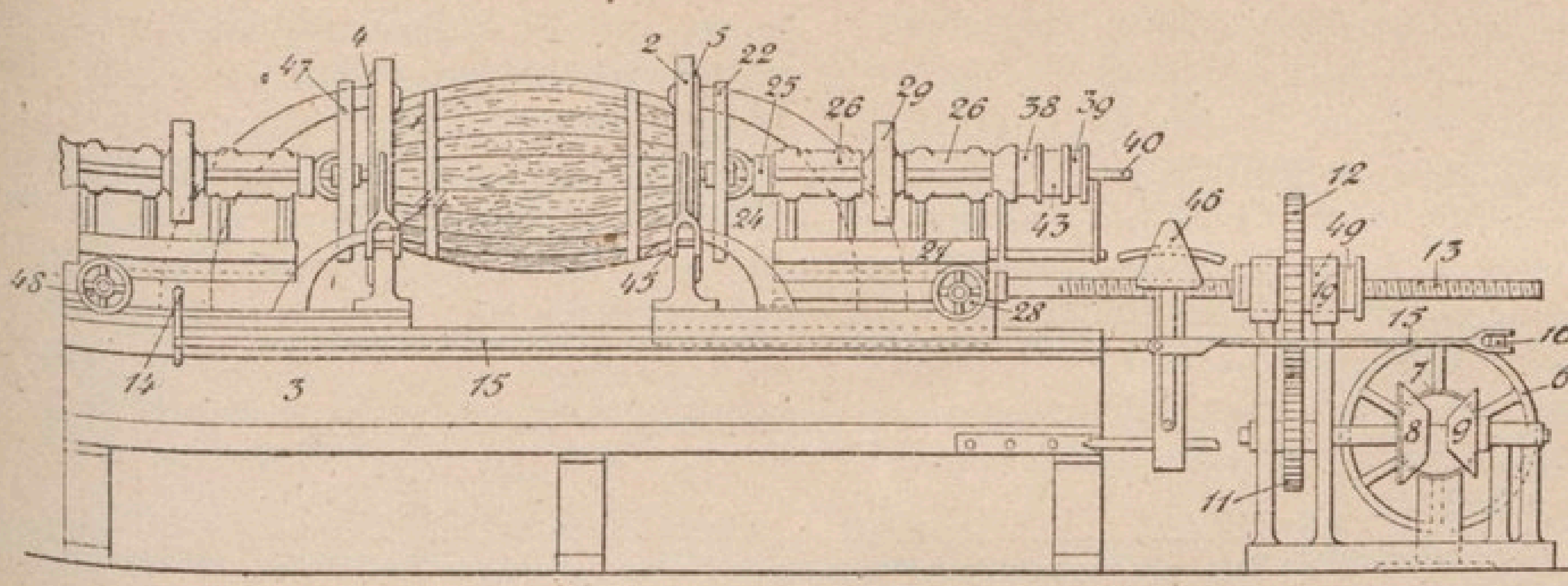


FIG. I

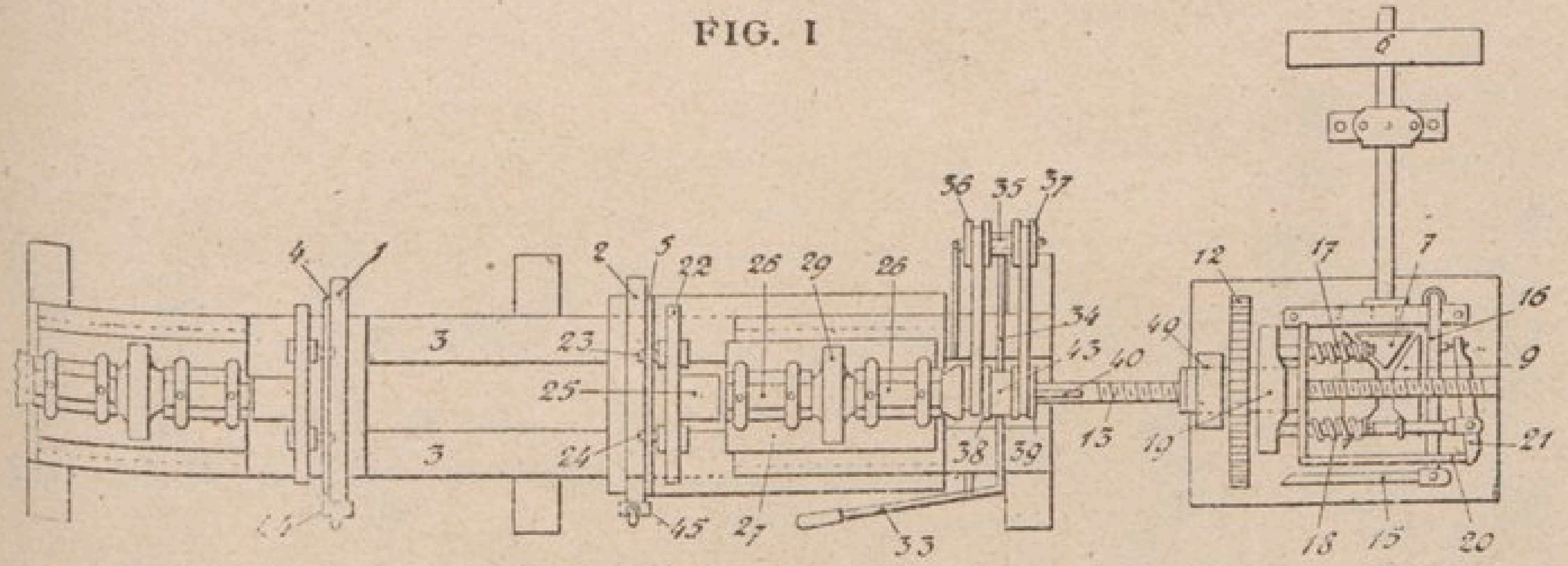


FIG. 2

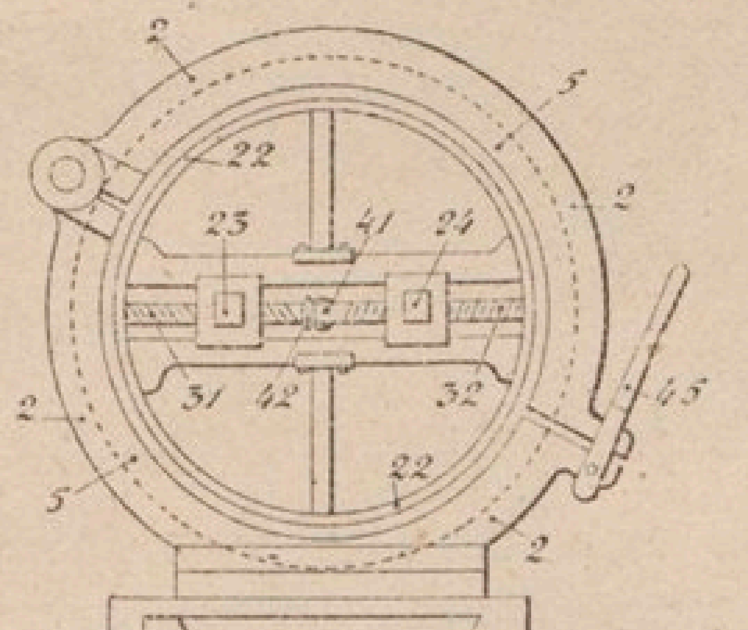


FIG. 3

PLANCHE 12. — DÉTAILS DE LA MACHINE A CHANFREINER, A JABLER, A DOLER, DE MM. RITCHIE ET LINDSAY

Fig. 1 : *Elévation latérale; fig.* 2 : *vue en plan; fig.* 3 : *élévation de face du mandrin coulissant, du plateau et des blocs porte-couteaux.* — 1, 2, *mandrins;* 3, *bâti,* 4, 5, *couronnes de retenue;* 6, *poulie;* 7 *cône de commande à friction;* 8, 9, *cônes de friction;* 11, 12, *roues dentées;* 13, *tige filetée;* 14, *levier;* 15, *bielle;* 16, *autre levier (à droite);* 17, 18, *ressorts;* 19, *traverse;* 20, *détente du levier* 21 ; 22, *plateaux;* 23, 24, *porte-couteaux;* 25, *arbre creux;* 26, *paliers;* 27, *coulisseau;* 28, *volant à main avançant ou retirant le coulisseau* 27 ; 29, *poulie;* 30, *écrou;* 31, 32, *vis à pas à droite et à gauche;* 33, *levier;* 34, *bielle;* 35, *tige oscillante;* 36, 37, 38, 39, *poulies;* 40, *arbre portant la poulie* 39 *et logé dans l'arbre creux* 25, *lequel porte la poulie* 38; 41, 42, *roue d'angle engrenant;* 43, *frein;* 44, *coulisseau à chanfreiner;* 45, *jabloir;* 47, *plateau où se fixe l'extrémité de la futaille;* 48, *volant de manœuvre;* 49, *écrou.*

objet de pure curiosité, telles que celles de Heidelberg, de 8 m. 50 de long, 7 mètres de large, et pouvant contenir 236.000 bouteilles ou certaines pièces d'exposition dont il n'y a pas lieu de parler ici, jusqu'aux moindres barillets contenant à peine quelques litres.

Quant à la futaille courante, la contenance en varie suivant les usages locaux ; la barrique bordelaise est de 226 litres ; celle de Beaune, de 228, et celle d'Anjou s'élève au chiffre de 254 litres ; en d'autres endroits, elle descend jusqu'à 213 et même 205 litres. Ces contenances, dont le nombre s'élève à plus de cent vingt, ne sont, d'ailleurs, qu'approximatives. La feuillette et le quartaut sont des subdivisions de la barrique; le demi-muid du Languedoc équivaut au contraire à deux barriques. Tout fût dont la contenance dépasse 115 hectolitres prend le nom de foudre, dans toutes les régions.

Suivant les régions où on les emploie et leur capacité, certains noms spéciaux sont donnés aux tonneaux : baril de Chambéry (53 litres), bareille du Rhône (210 à 228

litres), barretée du Calvados (50 litres), busse, pour le cidre (232 à 250 litres), demi-queue (180 à 255 litres et même 274, en Languedoc et 292 en Auvergne), muid (228 à 487 litres), pipe, pour l'eau-de-vie (390 à 624 litres), poinçon (200 à 258 litres), sixain du Languedoc (114 litres), tambard du Rhône (280 litres), timerolle du Gard (230 litres), etc.

Les vieilles futailles sont, on le sait, l'objet d'un commerce assez étendu, surtout dans les années de grande récolte, mais elles ne sont guère employées que pour les vins de qualités ordinaires ou inférieures.

Les fûts neufs, eux-mêmes, ont besoin de subir une préparation spéciale avant d'être mis en service. Le bois de chêne ou de châtaignier dont ils sont faits contient toujours une proportion plus ou moins forte de tanin et de matières colorantes qui peuvent donner un mauvais goût au vin. Avant de les remplir, il est bon d'y introduire de l'eau bouillante dans laquelle on aura fait dissoudre un kilo de sel marin par hectolitre d'eau, après quoi, on la retirera et on rincera à grande eau.

Pour conserver en bon état les fûts vides ayant logé du vin, il faut les laver soigneusement à la chaîne et à la brosse jusqu'à ce que l'eau qu'on y introduit sorte absolument claire ; puis on laisse égoutter et on les soufre en faisant brûler à leur intérieur environ deux centimètres de mèche soufrée.

Quant aux futailles qui ont contenu du cidre, du vermouth, du rhum, de l'absinthe, etc., le mieux est de ne pas s'en servir pour loger du vin, car, quoi que l'on fasse, il y aura toujours une odeur qui se communiquera au vin ; si l'on voulait néanmoins s'en servir, c'est par des jets de vapeur réitérés et alternant avec de nombreux rinçages que l'on pourra le mieux arriver à leur faire perdre l'odeur spéciale dont ils sont imprégnés.

Enfin, s'il s'agit de fûts ayant contenu du vinaigre, on peut les nettoyer en opérant ainsi : on lave d'abord à l'eau chaude, puis, pour une barrique de 220 litres, on y verse une solution bouillante formée de 1 kilo de carbonate de soude et de 4 kilos d'eau ; on agite et on roule la futaille dans tous les sens, afin que toute la paroi soit bien imprégnée de la solution ; il y aura alors formation d'acétate de soude que l'on retirera par deux ou trois lavages à l'eau bouillante, suivis d'un rinçage à l'eau froide.

ACHILLE GIROUX.

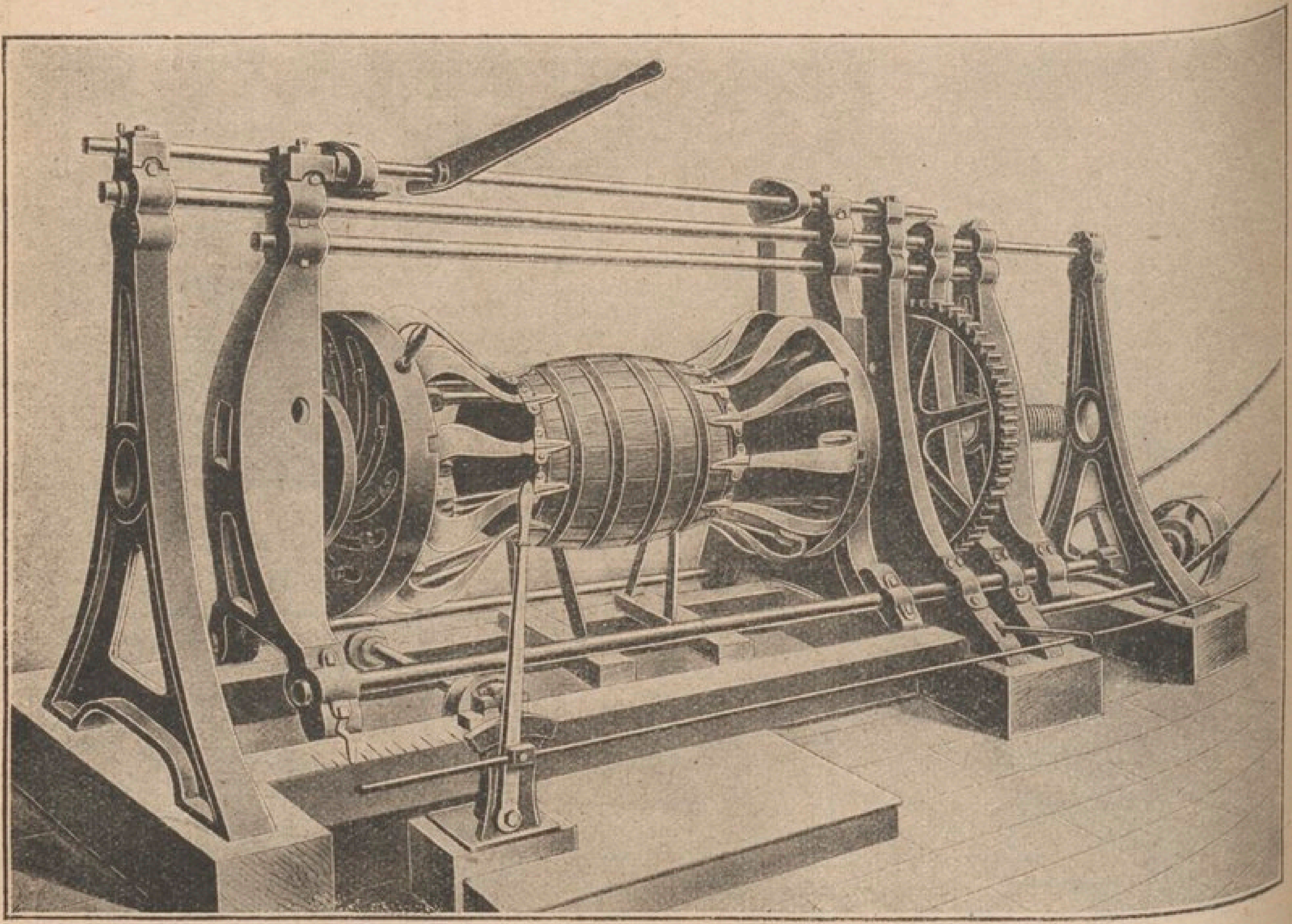


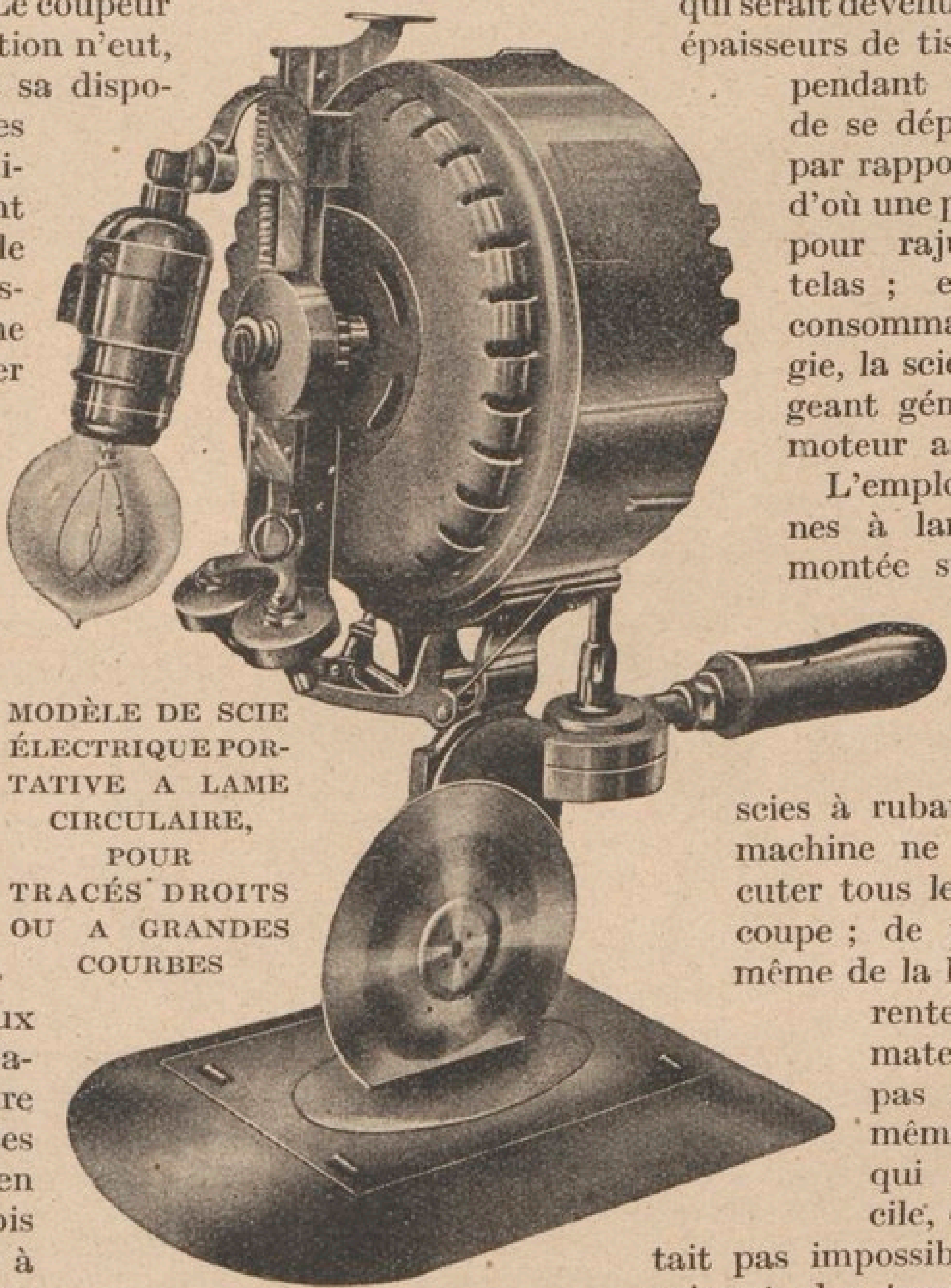
FIG. 13. — MACHINE AMÉRICAINE POUR LE CERCLAGE DES TONNEAUX
(Voir dans le texte, page 369, la description et le fonctionnement de cette curieuse machine.)

LA COUPE DES TISSUS DANS LES ATELIERS DE CONFECTION

Pour confectionner complets et uniformes en série, il est, on le conçoit, nécessaire de couper plusieurs épaisseurs de tissu à la fois, suivant le tracé que le tailleur a dessiné sur la première épaisseur. L'opération est d'autant plus avantageuse que l'on coupe simultanément un plus grand nombre de pièces, c'est-à-dire d'épaisseurs superposées d'étoffe. Le coupeur des ateliers de confection n'eut, pendant longtemps à sa disposition que les modestes ciseaux; certes, ces ciseaux étaient et sont encore, comme on le sait, de dimensions respectables, mais ils ne permettent de couper plusieurs épaisseurs qu'à la condition d'avoir affaire à des tissus fins et souples. On eut aussi recours à des sortes de sabres, mais ciseaux et sabres ne permettaient guère de suivre rigoureusement le tracé pour chaque épaisseur. Nous avons tous remarqué combien il est difficile de couper avec des ciseaux plusieurs feuilles de papier à la fois; à mesure que l'on progresse, les feuilles s'écartent en éventail; il en est pis avec les étoffes, car, à l'encontre du papier, elles n'ont qu'une rigidité très relative.

On imagina, plus récemment, d'utiliser pour la coupe de ce qu'on appelle en terme de métier un « matelas » de tissu, des scies à ruban et des scies à lame circulaire montée sur bras articulé, analogues, en somme, à celles dont on se sert en menuiserie pour débiter des planches de bois divers.

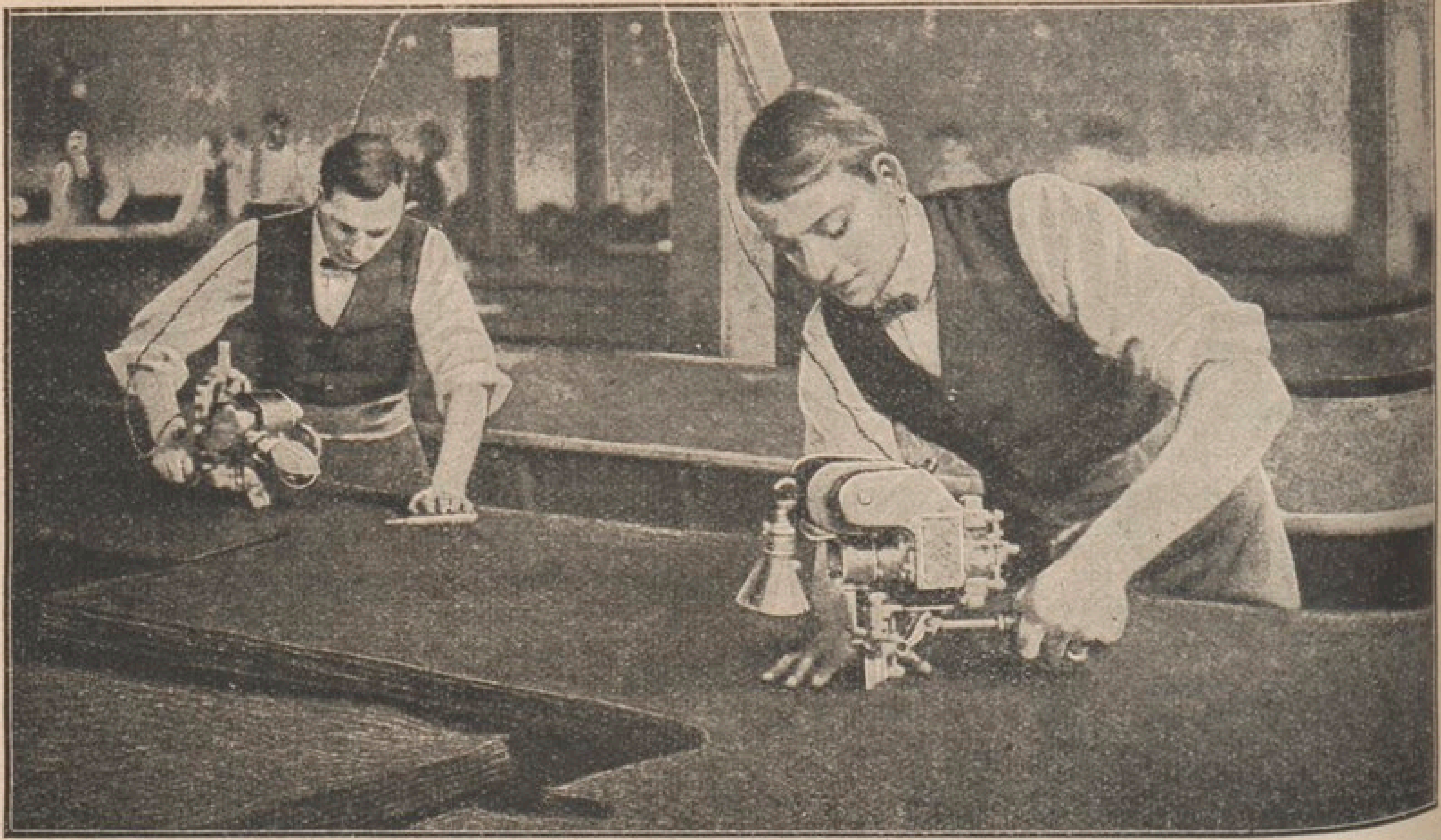
L'emploi de la scie à ruban constituait, évidemment, un remarquable progrès sur celui des ciseaux et du sabre, mais il présentait aussi de sérieux inconvénients ; d'abord la machine était très encombrante ; puis il fallait craindre des ruptures de lames dangereuses pour l'opérateur ; il fallait aussi transporter sur le marbre de la machine les étoffes à couper, d'où la nécessité de limiter les longueurs des *matelas* en raison de leur poids, qui serait devenu prohibitif; les épaisseurs de tissu risquaient, pendant le transport, de se déplacer les unes par rapport aux autres, d'où une perte de temps pour rajuster le matelas ; enfin, grande consommation d'énergie, la scie à ruban exigeant généralement un moteur assez puissant.



MODÈLE DE SCIE ÉLECTRIQUE PORTATIVE A LAME CIRCULAIRE, POUR TRACÉS DROITS OU A GRANDES COURBES

L'emploi des machines à lame circulaire, montée sur bras articulé, représenta à son tour un progrès sensible sur celui des scies à ruban, mais cette machine ne pouvait exécuter tous les travaux de coupe ; de par la forme même de la lame, les différentes couches du matelas n'étaient pas attaquées au même instant, ce qui rendait difficile, quand ce n'était pas impossible, de couper suivant des tracés présentant des courbes de faible rayon; tourner à angle droit était, notamment, presque impossible. Le danger que présentait l'emploi d'une machine circulaire, non munie d'un système protecteur, subsistait toujours, moindre il est vrai qu'avec la scie à ruban, l'ouvrier lui-même déplaçant sa lame et n'ignorant pas, par conséquent, ce qu'il faisait.

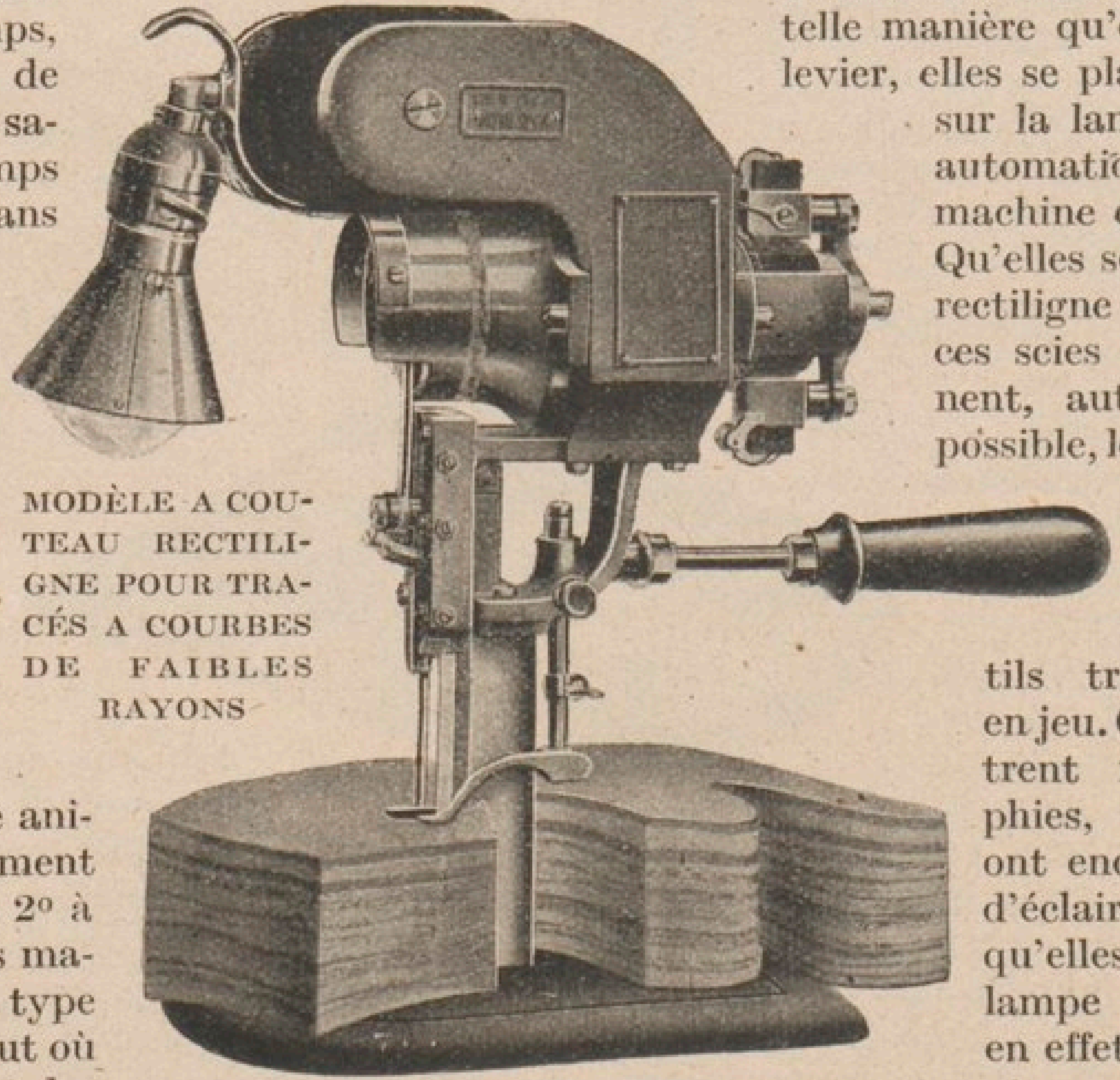
C'est, maintenant, presque toujours au moyen de scies électriques portatives que,



LES SCIES SONT MANIÉES COMME DE SIMPLES FERS A REPASSER ; ELLES SUIVENT LES TRACÉS LES PLUS COMPLIQUÉS ET COUPENT JUSQU'A 10 CENTIMÈTRES D'ÉPAISSEUR DE TISSU

dans les ateliers de confection modernes, on procède à la coupe des matelas de tissu. Ces machines sont assez légères pour être maniées comme de simples fers à repasser, d'où une économie considérable de temps, d'encombrement, de force motrice et de salaire en même temps qu'une précision dans le travail qui n'avait jamais pu être atteinte jusque-là. Ces machines, que l'on relie au moyen de cordons souples à des prises de courant ou simplement à des douilles de lampes, sont de deux types : 1° à couteau rectiligne animé d'un mouvement vertical alternatif ; 2° à lame circulaire. Les machines du premier type sont utilisées partout où les tracés présentent des courbes de faibles rayons avec des angles aigus ou droits où lorsque les tissus sont très durs à couper. Celles à lame circulaire sont utilisées dans la coupe des étoffes souples ou glissantes et lorsque prédominent des lignes droites ou courbes de grands rayons. Les machines de ce dernier type sont munies d'un levier qui porte deux petites meules circulaires montées de telle manière qu'en abaissant le levier, elles se placent à cheval sur la lame et l'affûtent automatiquement si la machine est en marche. Qu'elles soient à couteau rectiligne ou circulaire, ces scies à tissu éliminent, autant qu'il est possible, les risques d'accidents qu'il faut toujours craindre lorsque des outils tranchants sont en jeu. Comme le montrent nos photographies, ces machines ont encore l'avantage d'éclairer le travail qu'elles exécutent ; une lampe électrique est, en effet, fixée en haut et en avant du bâti ; dirigée presque verticalement et munie, en outre, d'un réflecteur, cette lampe concentre son faisceau lumineux juste en avant de la lame de la machine.

A. C.



MODÈLE A COUTEAU RECTILIGNE POUR TRACÉS A COURBES DE FAIBLES RAYONS

LES A-COTÉS DE LA SCIENCE

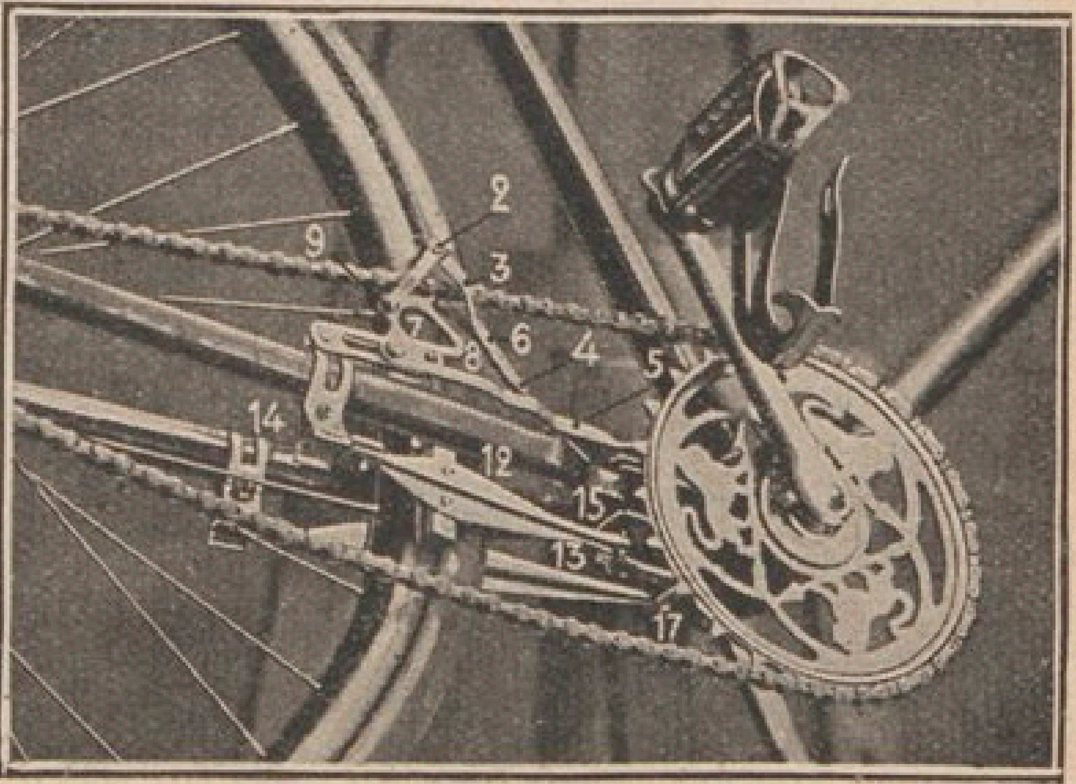
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

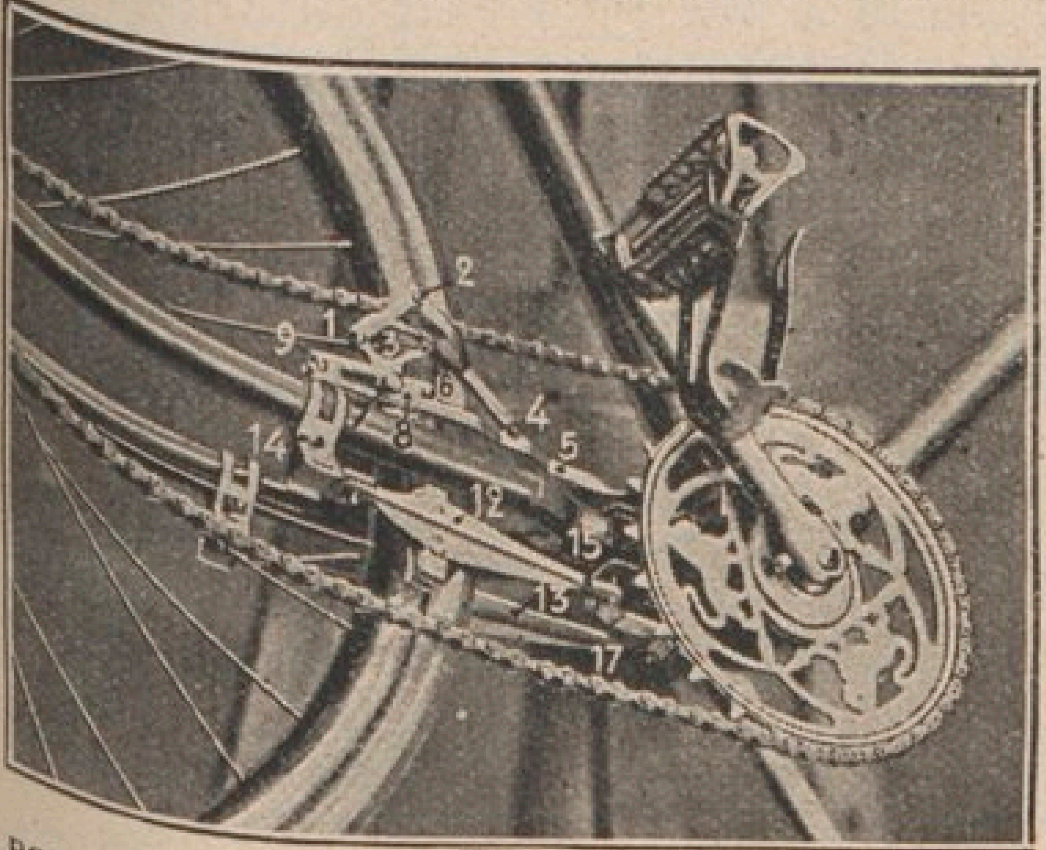
Nouveau frein de bicyclette.

Nous avons remarqué à la dernière foire de Paris un nouveau système de frein pour bicyclette qu'il nous paraît intéressant de décrire ici pour ceux de nos lecteurs qui n'ont pas assisté à sa démonstration. Ce frein, baptisé du nom de *Cipestat*, ne s'adapte qu'à la bicyclette à roue libre ou à la motocyclette à chaîne, car il est actionné par rétropédalage. Il se compose essentiellement de deux éléments : 1° un système d'embrayage ; 2° un dispositif de freinage.

Le système d'embrayage est constitué par un parallélogramme articulé formé des pièces numérotées *1, 2, 3, 4, 5*, sur nos photographies. La pièce *3* est un secteur oscillant portant une dent recourbée à sa partie supérieure. Dans la marche avant, la chaîne étant tendue à bloc passe au-dessus de cette dent, entre les bielles *1, 2, 4* et au-dessous de l'entretoise *2* qui maintient l'écartement de ces dernières ; à ce moment, le frein ne peut entrer en action. Par contre, dès que l'on actionne les pédales à contre-sens, la chaîne, de par le jeu qu'on lui laisse, et son propre poids, s'affaisse quelque peu et, en tout cas, suffisamment pour que la dent recourbée du secteur *3* s'engage dans un des espaces qui séparent deux rouleaux consécutifs ou deux groupes de deux si la chaîne est à doubles rouleaux. En continuant le mouvement de rétropédalage, la chaîne se trouve donc amenée à entraîner la dent, et avec elle le secteur *3*, et bientôt elle se trouve coincée entre la partie supérieure de ce dernier et le rouleau *2*. A ce moment, le parallélogramme



POSITION DES ORGANES EN MARCHE AVANT



POSITION DES ORGANES EN MARCHE ARRIÈRE

articulé est devenu rigide et est littéralement embrayé sur la chaîne. L'action rétrograde se poursuivant, le levier *5* est tiré horizontalement en arrière (son articulation *7* avec le secteur *3* coulissant dans une rainure *ad hoc*). Ce levier transmet l'effort de la chaîne à un autre levier *9*, solidaire d'un axe *8* traversant deux plaques d'ancrage fixées par des vis sur le pont du cadre. Cet axe *8* est rivé à sa partie inférieure sur un palonnier en aile de mouche *6* aux extrémités duquel sont fixées deux biellettes *15* et *17*, attelées aux extrémités des mâchoires *12* et *13*, qui rapprochent les patins contre la jante. Les deux agrafes *14* peuvent épouser toutes les formes de cadres. Des dispositifs sont prévus pour régler le frein sur les différents pas de pédalier et sur la largeur des jantes ; ils permettent aussi de rattrapper l'usure des patins. Si l'on repart en avant, l'ensemble du frein se trouve rappelé à sa position initiale et la chaîne est libérée de la dent du secteur *3*.

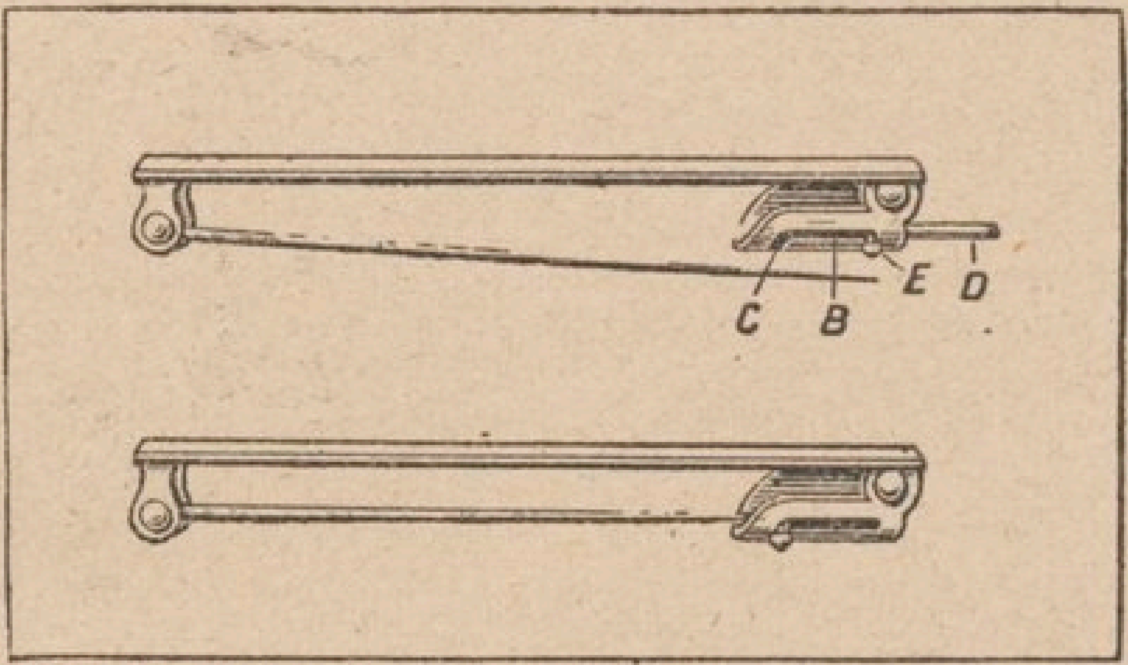
Bien que ce système de frein soit assez compliqué, il présente des avantages incontestables : sa commande est sûre et puissante ; son action l'est aussi, car le travail s'effectue à l'extrémité d'un bras de levier très long (du centre de la machine à la jante); elle est, en outre, immédiate et progressive ; l'axe *18* étant logé dans un trou ovalisé, les patins peuvent suivre les déplacements latéraux d'une roue voilée. Ce frein ne pèse en tout que 470 grammes ; point n'est besoin d'y toucher pour démonter la roue ; enfin, puisqu'il n'y a pas à craindre avec lui de rupture de câble, son emploi ne rend pas indispensable celui d'un frein de secours.

Aurait-on enfin trouvé une réelle épingle de sûreté ?

Pour fixer les broches sur les tissus on se sert, dans la bijouterie, d'épingles dont une extrémité est articulée autour d'une charnière et l'autre, engagée dans un crochet ouvert. Bien que ces épingles soient dites de sûreté, tout le monde sait qu'elles n'ont que trop tendance à s'ouvrir et à se détacher du vêtement avant que le porteur n'ait vu le danger ; on ne compte plus les bijoux qui ont été perdus de cette manière.

Il nous semble donc intéressant de signaler une invention récemment brevetée, qui remédie à l'inconvénient signalé ci-dessus. Elle consiste en un crochet de sûreté destiné à remplacer celui de l'épingle ordinaire. Ce crochet se compose, comme le montre la figure, d'une gouttière en platine comportant une rainure longitudinale *B* servant de guide au bouton *E* d'un coulisseau creux D. Cette rainure possède en *C* une petite encoche dans laquelle on peut engager le bouton *E* lorsqu'il a été tiré à fond.

Lorsqu'on ferme l'épingle, sa pointe se place dans la cavité semi-cylindrique du coulisseau, lequel est, à ce moment, poussé au dehors ; en tirant sur le bouton *E*, on fait rentrer le coulisseau à l'intérieur de la gouttière et en engageant ce bouton dans l'encoche *C*, on provoque la rotation du coulisseau qui vient ainsi se rabattre sur la pointe. Celle-ci se trouve alors complètement enfermée et, par suite, verrouillée. En somme, l'encoche *C* sert de cran d'arrêt au bouton *E*.

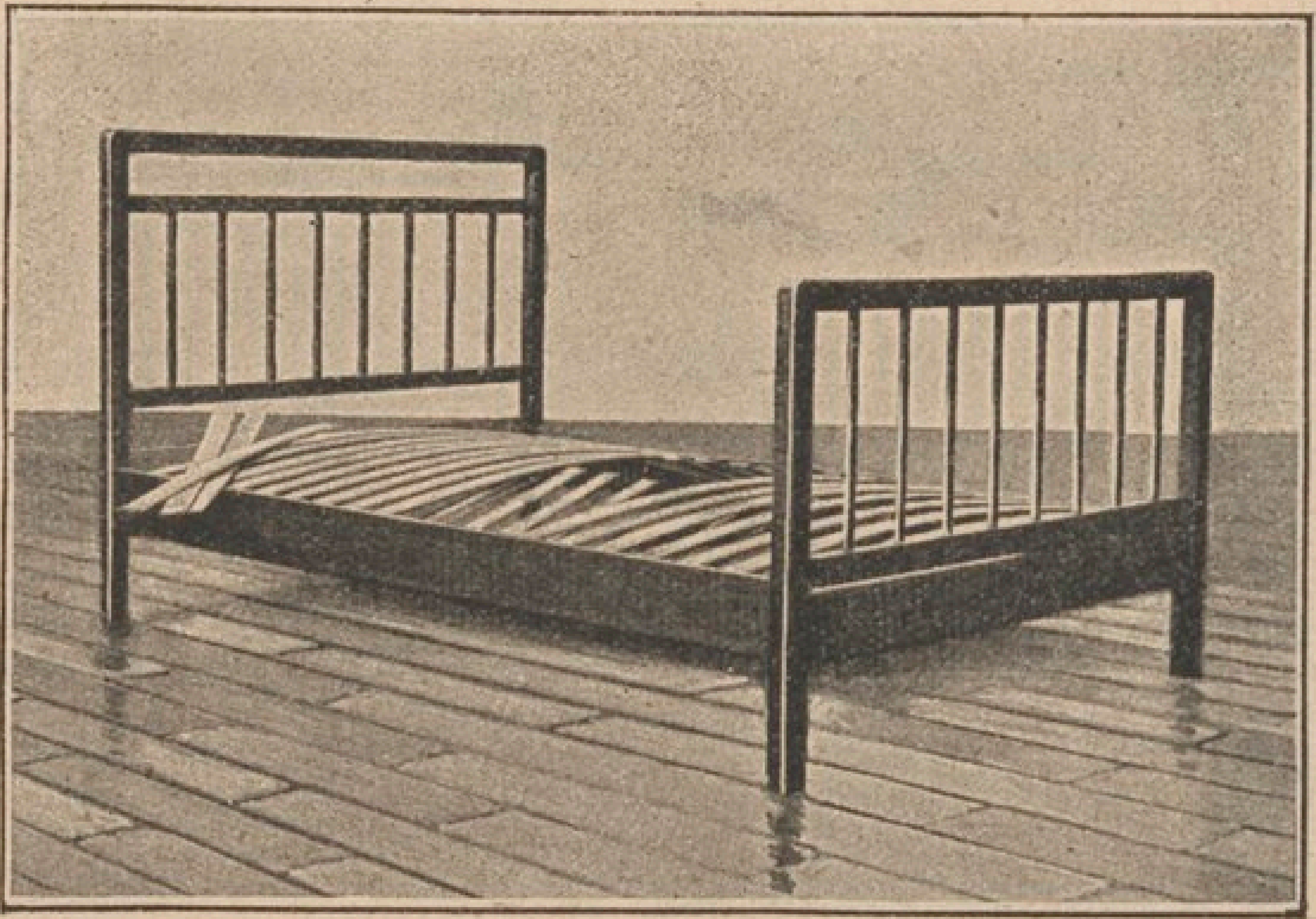


LA POINTE DE CETTE ÉPINGLE EST VERROUILLÉE, APRÈS FERMETURE, PAR UN COULISSEAU CREUX QUE L'ON RABAT SUR ELLE

Du bois, rien que du bois pour fabriquer un sommier.

Un de nos compatriotes, M. Delacourt, a imaginé, alors qu'il se trouvait à l'hôpital comme blessé de guerre, un sommier entièrement en bois et qui n'a pourtant rien du « noyau de pêche » puisqu'il fut précisément conçu pour offrir aux blessés une couche plus confortable que celle qu'ils trouvaient dans les hôpitaux militaires. Il est vrai que point n'était besoin, pour cela, de réaliser un bien grand tour de force.

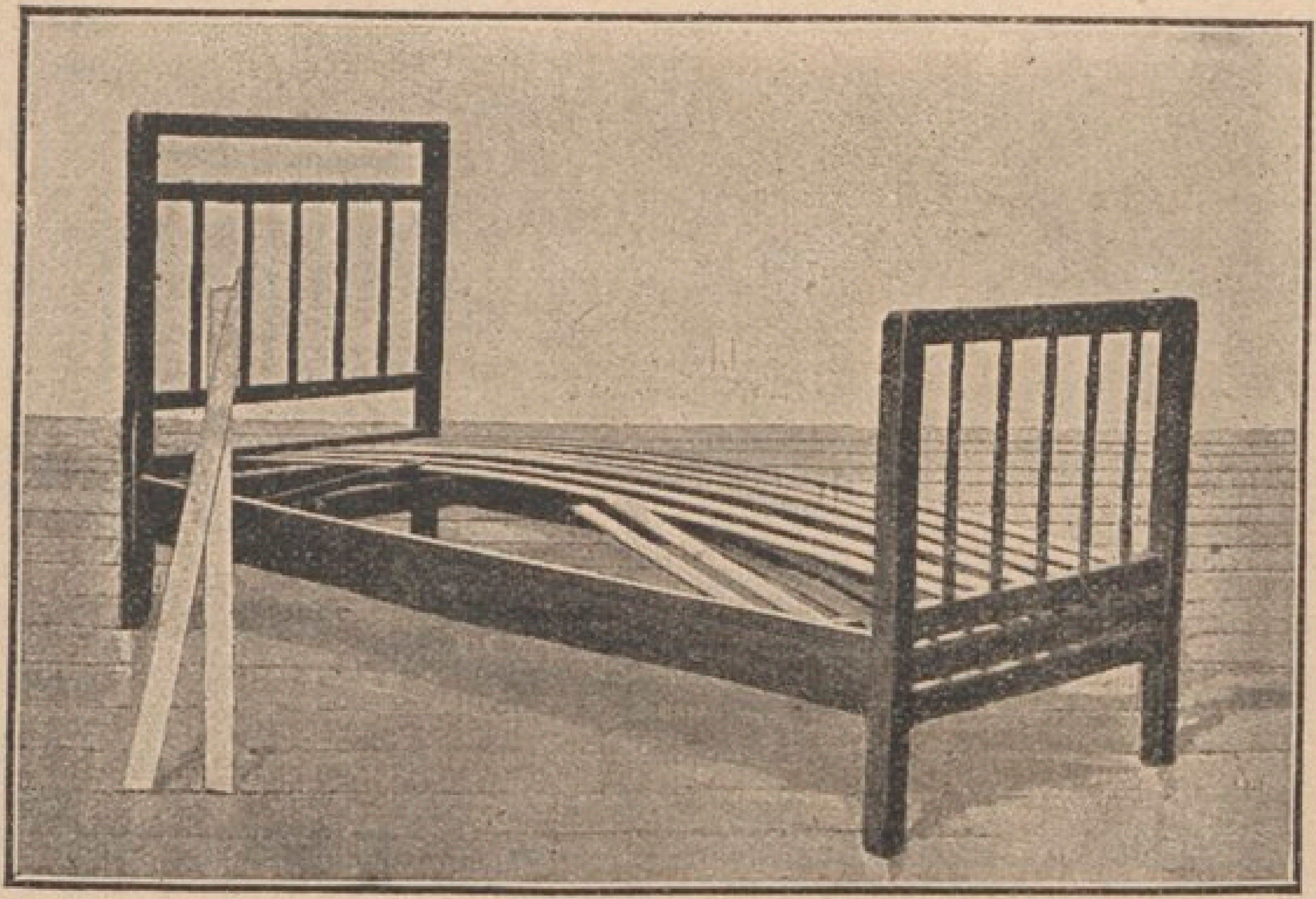
Ce sommier se compose d'un certain nombre de lames-ressorts disposées parallèlement, soit à chaque extrémité du lit si le système est longitudinal, soit sur les côtés s'il est transversal. Les lames des côtés opposés laissent entre elles, dans les deux systèmes, un espace vide et se font rigoureusement vis-à-vis, sauf dans un cas dont nous parlerons plus loin ; elles s'encastrent par l'une de leurs extrémités, n'importe laquelle d'ailleurs, dans des rainures appropriées et sont maintenues dans une position oblique, dirigée de bas en haut, par des barres de soutien à raison d'une barre pour chaque groupe de ressorts. Ces derniers constituent le premier élément du sommier ; le second est représenté par d'autres lames de bois, également flexibles, qui, elles, vont d'un bout du lit à l'autre, ou joignent les deux côtés suivant que le système est disposé longitudinalement ou transversalement : comme elles sont même un peu plus longues que l'espace qu'elles doivent couvrir, il faut


MODÈLE TRANSVERSAL DU SOMMIER EN BOIS DE M. DELACOURT

Le sommier est constitué par des lames flexibles, en chêne, qui appuient sur d'autres lames semblables mais plus courtes. Ce sont principalement ces dernières qui constituent les ressorts du sommier.

les cintrer pour engager chacune de leurs extrémités dans les rainures ménagées à cet effet, au deux bouts du lit ou sur les côtés. En même temps qu'il assure la tenue de l'ensemble du système, ce cintre concourt fortement à l'élasticité générale du sommier.

Chaque lame appuie ainsi sur les extrémités libres de deux lames-ressorts placées dans le prolongement l'une de l'autre, sauf dans le cas des lits de petite largeur (90 centimètres) si le système est transversal; dans ce cas, en effet, les lames-ressorts sont dédoublées et disposées en quinconce, de sorte que les lames du dessus appuient, chacune sur un seul ressort disposé alternativement d'un côté et de l'autre du lit.



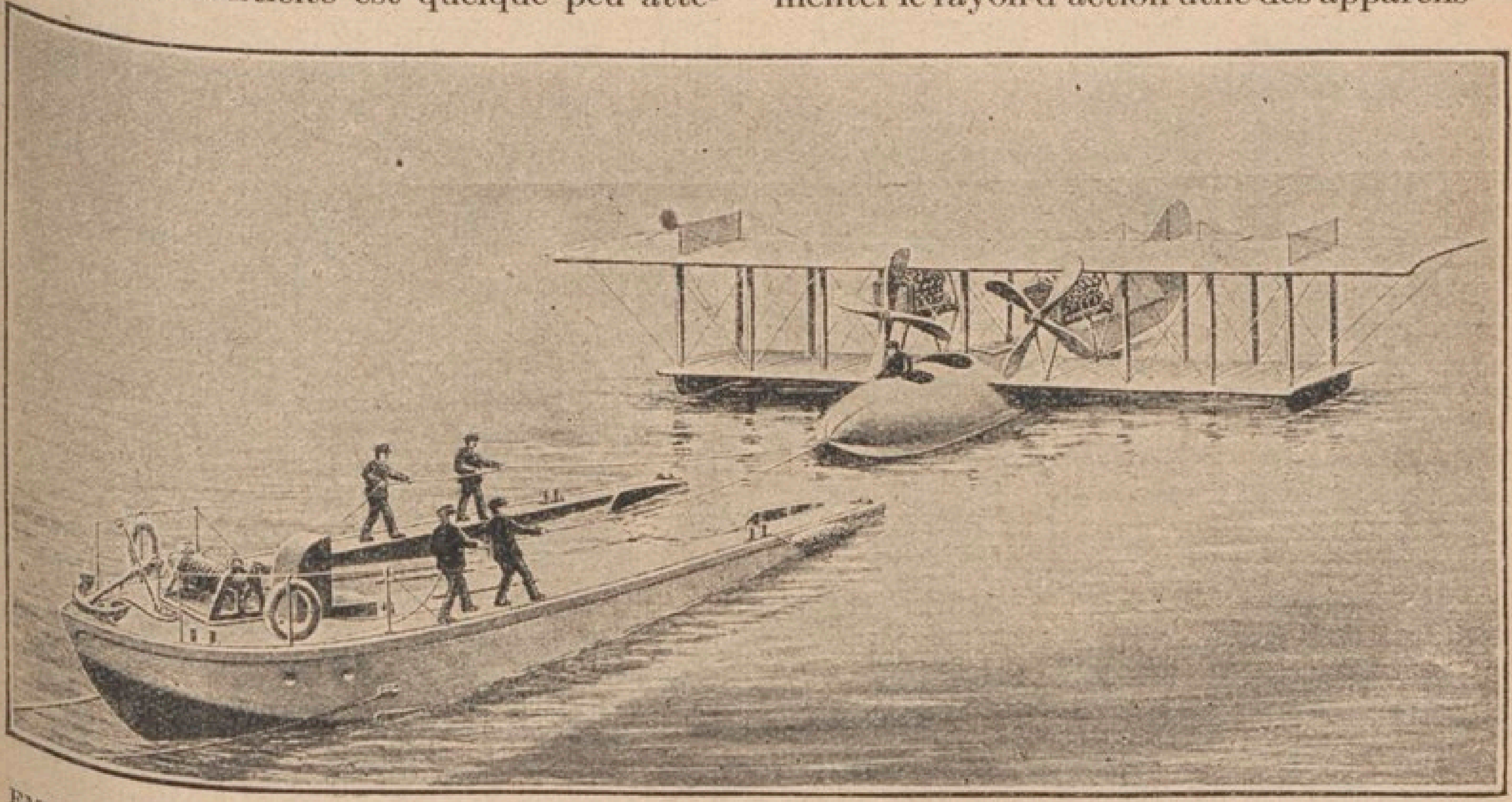
MODÈLE LONGITUDINAL POUR LIT D'UNE SEULE PERSONNE

Les lames des deux éléments du sommier sont en chêne et, bien entendu, elles sont prises dans le sens du fil du bois, sinon loin d'être flexibles, elles seraient cassantes. On a déjà compris que ce sommier est entièrement démontable (le montage ou le démontage exigent à peine trois minutes) et que, lorsque son élasticité est quelque peu atténuée, il suffit, pour lui rendre sa valeur première, de retourner ressorts et lames. D'autre part, puisque tous les éléments de ce sommier sont amovibles (ils sont évidemment aussi interchangeables) on peut, dans un lit occupé par deux personnes de poids très différents, procurer, du côté où couche la plus légère, une plus grande élasticité au sommier. Il suffit, en effet, pour cela, de supprimer, de ce côté, un ressort sur deux, de telle façon que les lames n'appuient chacune que sur un seul ressort.

Souple, hygiénique, solide, démontable et facilement transportable, tel nous apparaît ce nouveau sommier.

Remorquage des hydroplanes au moyen d'un dock flottant.

Tant pour permettre de remorquer leurs gros hydroplanes jusqu'aux points les plus rapprochés de la zone où ceux-ci devaient opérer — ce qui permettait d'augmenter le rayon d'action utile des appareils —



EMBARQUEMENT D'UN HYDROPLANE SUR LE PONTON REMORQUÉ QUI LE RAMÈNERA AU PORT

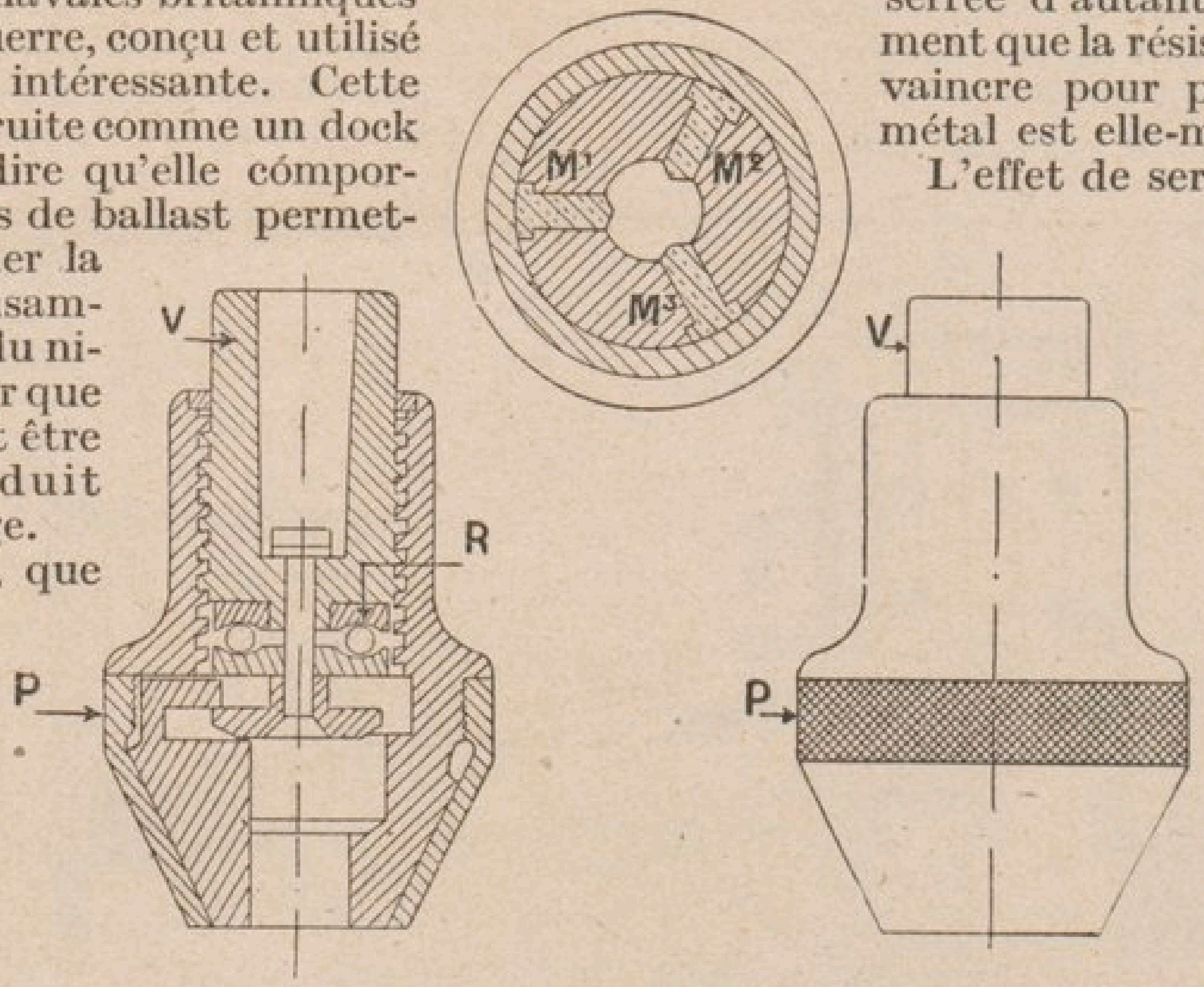
que pour porter secours à ces derniers et les ramener à la côte en cas d'accident ou d'avarie, les autorités navales britanniques ont, pendant la guerre, conçu et utilisé une allège très intéressante. Cette allège était construite comme un dock flottant, c'est-à-dire qu'elle comportait des réservoirs de ballast permettant de faire couler la partie arrière suffisamment au-dessous du niveau de l'eau pour que l'hydroplane pût être aisément introduit à flot dans l'allège.

Notre gravure, que nous devons à l'obligeance de notre confrère *The Scientific American*, montre comment s'effectuait l'opération, mais ce qu'elle ne permet pas de voir, c'est une sorte de plate-forme qui peut glisser sur des rails installés dans le fond de l'allège ; cette plate-forme formant un plan incliné qui, poussé au dehors, prolonge le fond du chaland, facilite beaucoup l'introduction de l'hydroplane dans ce dernier. Une fois l'appareil introduit et arrimé, on faisait la vidange des ballasts au moyen d'air comprimé contenu dans des bouteilles *ad hoc*, puis on remorquait l'allège et sa charge.

Mandrin à serrage automatique et desserrage instantané.

La plupart des mandrins porte-mèches adaptés aux perceuses nécessitent pour le serrage du foret l'emploi d'une clé à carré ou d'une clé portant un petit pignon qui commande un engrenage placé dans le mandrin. Or, on peut perdre cette clé ; d'autre part, si la mèche n'est pas suffisamment serrée, il arrive fréquemment qu'elle tourne pendant le travail ; dans ce cas, elle se brise, et les mâchoires du mandrin sont endommagées. De plus, les clés de serrage se détériorent rapidement et sont sujettes à s'égarer. L'usure de l'engrenage du mandrin est également assez rapide ; par ailleurs, le desserrage de la mèche fait perdre un temps précieux à l'ouvrier.

Cesi nconvénients sont supprimés dans le mandrin représenté par notre dessin. On voit, en effet, que l'ensemble des mors M^1, M^2, M^3 étant poussé par la vis V, la mèche est serrée d'autant plus énergiquement que la résistance qu'elle doit vaincre pour progresser dans le métal est elle-même plus grande.



DANS CE MANDRIN, LE FORET EST SERRÉ AUTOMATIQUEMENT ET D'AUTANT PLUS FORTEMENT QU'IL A PLUS DE RÉSISTANCE A VAINCRE POUR PROGRESSER DANS LE MÉTAL

L'effet de serrage étant transmis par l'intermédiaire du roulement à billes R, le desserrage instantané se fait à la main et très aisément, du fait de la suppression de toute résistance passive. Il suffit de tourner à la main la partie moletée de la pièce P, pour dégager la mèche. Cet appareil, d'une construction très simple, ne comporte ni ressort ni organe fragile.

Marquons un bon point à l'actif de l'industrie française (le mandrin en question est dû à un de nos compatriotes) trop tributaire, à notre gré, sous le rapport des outils et machines-outils, de l'industrie américaine.

TRICOISE, MARTEAU, ARRACHE-CLOUS, TOURNEVIS, ETC., CET OUTIL EST TOUT CELA A LA FOIS.

Outil à multiples usages.

M. Antoine Debord a fait récemment breveter un outil qui peut être utilisé à la fois comme tricoise, marteau, arrache-clous, tournevis et chasse-goupilles.

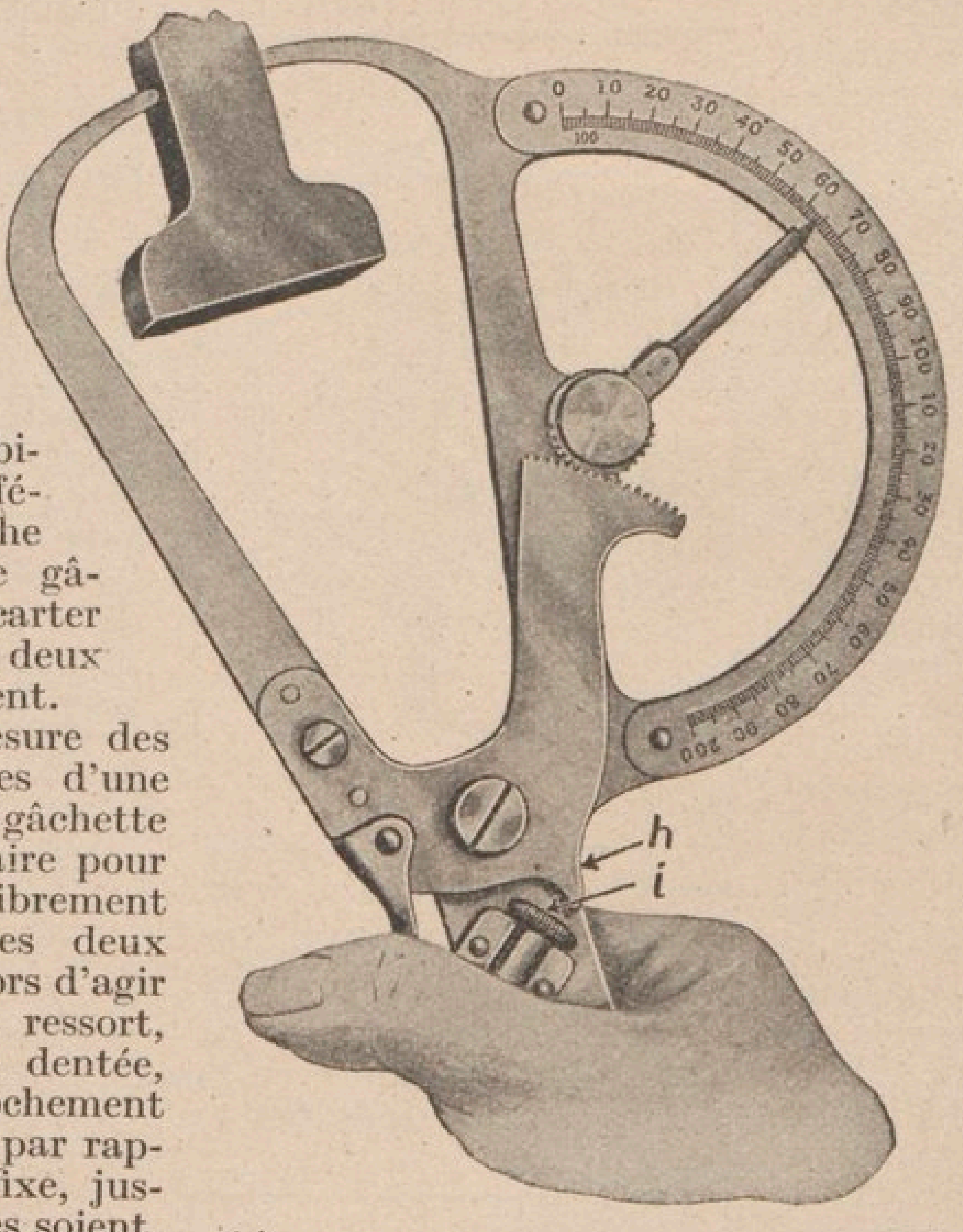
Comme le montre notre dessin, cet outil affecte la forme générale d'une tricoise dont la tête présente, en dehors des mors usuels *a*, d'un côté une partie *b* formant la masse d'un marteau et, de l'autre côté, une partie *c* pouvant servir d'arrache-clous. Les branches articulées se terminent, d'autre part, l'une par un biseau de tournevis *e* et l'autre, par une tige ronde *d* formant chasse-goupilles.

Un Compas d'épaisseur maniable, sûr et précis.

Cet instrument est constitué essentiellement par une poignée et deux branches affectant chacune la forme d'une corne ; l'une est fixe, l'autre est mobile. La partie inférieure de la branche mobile (celle de gauche sur la gravure) est recourbée

vers le haut et terminée par un segment denté, engrenant avec une roue également dentée, montée sur un axe solidaire de la branche fixe. Cette roue entraîne dans sa rotation un index dont la pointe est amenée à parcourir une échelle graduée en forme de secteur semi-circulaire, fixée par ses deux extrémités sur le côté extérieur de la branche immobilisée. A la partie inférieure de la branche mobile est fixée une gâchette qui permet d'écarter à la demande les deux pointes de l'instrument.

Pour prendre la mesure des dimensions extérieures d'une pièce, on déprime la gâchette de la quantité nécessaire pour que la pièce passe librement entre les pointes des deux branches. On cesse alors d'agir sur la gâchette ; un ressort, enroulé sur la roue dentée, provoque le rapprochement de la branche mobile par rapport à celle qui est fixe, jusqu'à ce que les pointes soient, de chaque côté, en contact avec la pièce. A ce moment, l'index indique sur le secteur gradué l'écartement des pointes, et, par conséquent, la mesure cherchée. Si, pour calibrer par exemple d'autres pièces, on veut immobiliser les branches à l'écartement qu'elles accusent, il suffit de tourner le bouton moleté monté obliquement sur une face de la poignée. En examinant la gravure, on voit, en effet, que ce bouton (*i* sur la figure) commande la rentrée ou la sortie d'une tige filetée qui, lorsqu'elle entre en contact par son extrémité avec l'appendice recourbé *h* de la branche mobile, immobilise celle-ci au degré d'écartement qu'on lui a communiqué. Cette branche est faite de deux pièces raccordées par une vis : l'une, la pièce inférieure, est permanente ; l'autre, la pièce de contact, est amovible. Cette dernière peut donc être rapidement remplacée par une autre mieux appropriée à la forme de la pièce que l'on a besoin de mesurer.



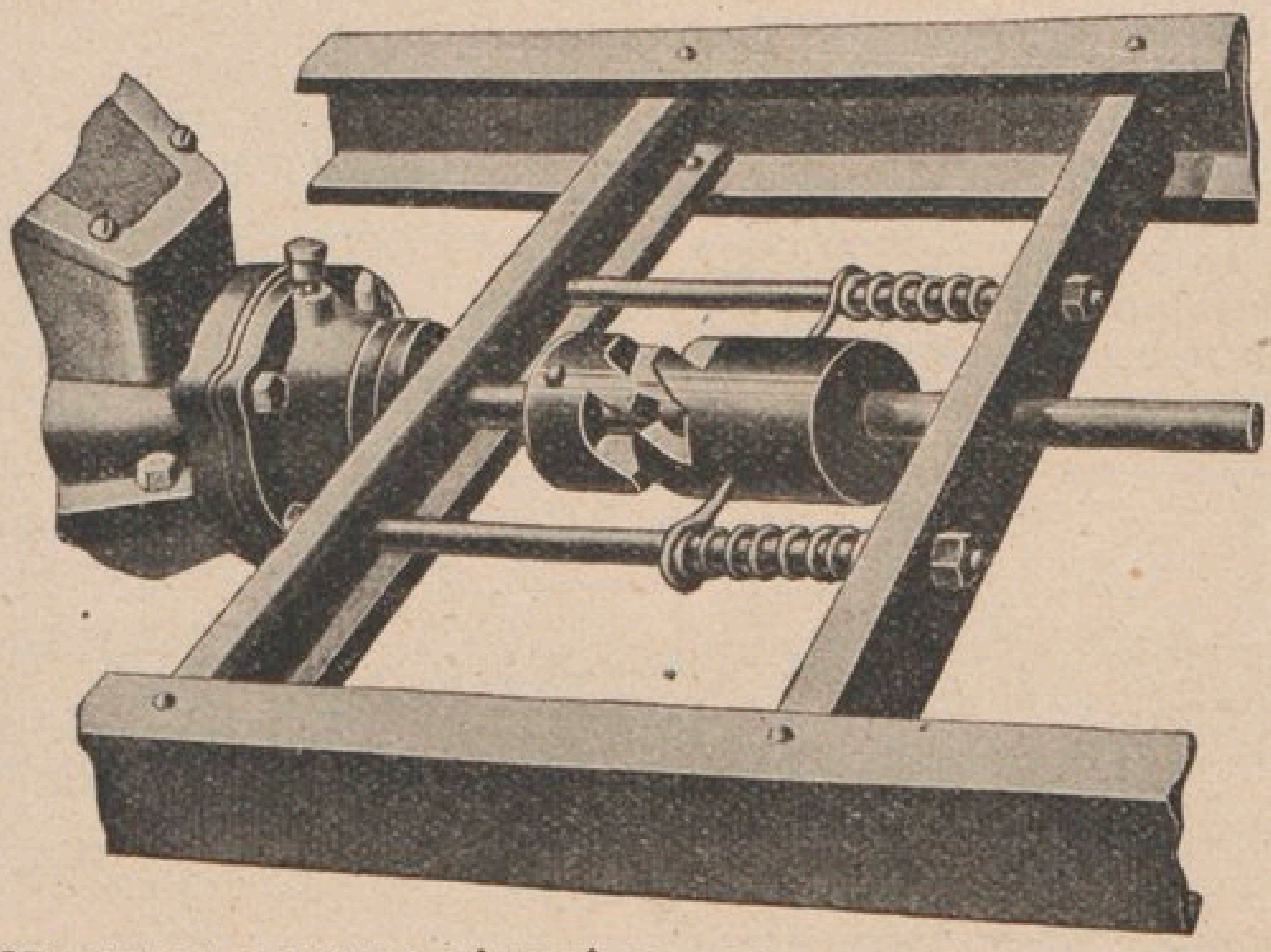
L'ÉCARTEMENT DES DEUX BRANCHES DU COMPAS MESURE LES DIMENSIONS DES PIÈCES SUR UN SECTEUR GRADUÉ.

On a déjà compris que ce compas, particulièrement maniable, a l'avantage d'effectuer rapidement les mesures, d'amplifier les mouvements relatifs des branches, et, par suite, tout en facilitant beaucoup la lecture des mesures effectuées, de permettre une graduation beaucoup plus divisée de l'échelle unique (1/5e de mm.).

Les automobiles ne repartiront plus en arrière dans les côtes.

Les automobilistes qui ont échappé de près à un accident sérieux, lorsque, le moteur de leur voiture s'étant brusquement arrêté dans une côte un peu raide, le véhicule s'est mis à repartir en arrière avant que les freins n'aient pu être appliqués, apprécieront l'invention de M. Thomas Milldown, dont nous empruntons à notre confrère *The Popular Science Monthly* les renseignements descriptifs ci-dessous :

Disons tout d'abord que le dispositif imaginé par M. Milldown a pour objet de verrouiller automatiquement les roues arrière d'une automobile dès que le moteur s'arrête, que les freins



QUAND LE MOTEUR S'ARRÊTE, LES DEUX MACHOIRES CI-DESSUS ENTRENT EN PRISE ET IMMOBILISENT LA VOITURE

soient ou non en état de fonctionner. Il consiste en un embrayage formé de deux mâchoires montées dans le prolongement l'une de l'autre, sur l'arbre moteur, en arrière de la boîte de vitesse. La mâchoire antérieure (du côté de la boîte de vitesse) est clavetée sur l'arbre, et, par conséquent, tourne avec lui ; la mâchoire postérieure est montée folle sur la portion arrière de l'arbre, mais deux écrous latéraux dont les œils sont traversés chacun par un tirant horizontal assujetti à deux traverses latérales fixées au châssis, l'empêchent de tourner, tout en lui permettant un déplacement longitudinal par rapport à la mâchoire fixe. Lorsque le moteur tourne, la rotation de la mâchoire antérieure provoque automatiquement le débrayage, en raison même de la forme des dents des deux pièces de prise. Mais, si le moteur vient à s'arrêter, deux ressorts enroulés sur les tirants et légèrement comprimés entre les œils des boulons et la traverse arrière poussent la mâchoire postérieure en avant et l'obligent à engrener avec la mâchoire fixe, ce qui, automatiquement, verrouille les roues arrière. Bien entendu, ce dispositif n'empêche nullement la marche arrière, car le profil des dents des mâchoires permet le débrayage de celles-ci dans les deux sens de rotation.

Lorsque les deux pièces de prise sont débrayées, la mâchoire antérieure tourne à frottement doux contre la périphérie des dents de la mâchoire immobilisée. Il peut en résulter à la longue une usure des dents, mais cette usure est automatiquement reprise, puisque les ressorts tendent toujours à conserver les deux mâchoires en contact.

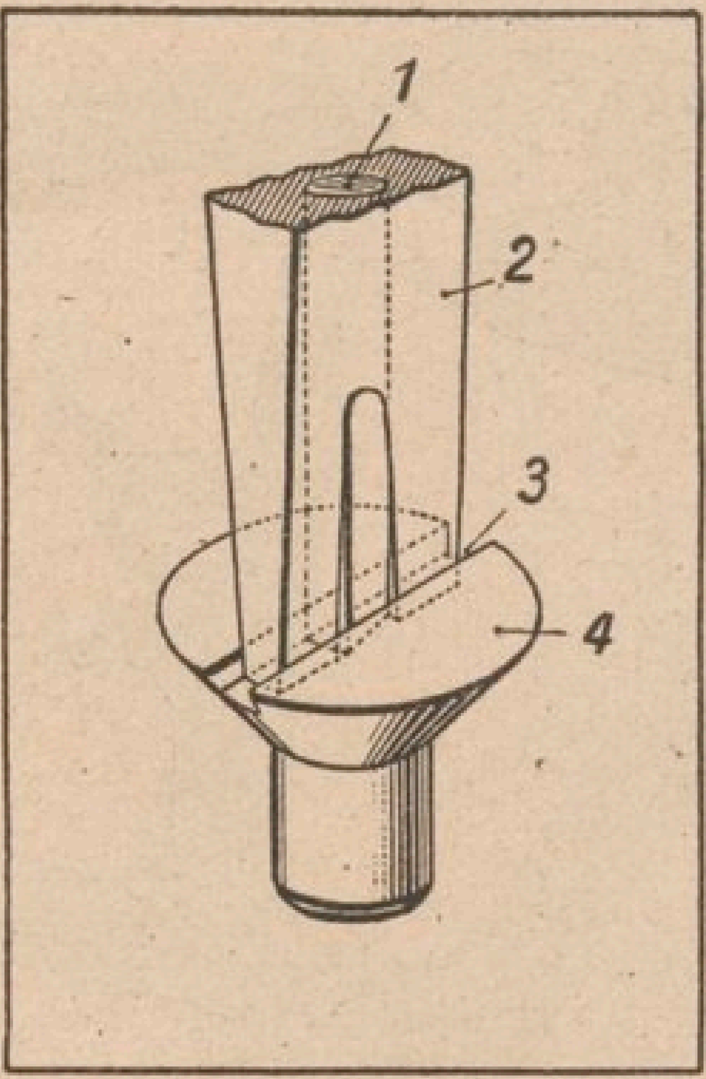


FIG. 1. — LE BOUT DE LA TIGE MOBILE EST EN BISEAU, COMME LA TÊTE DU TOURNEVIS

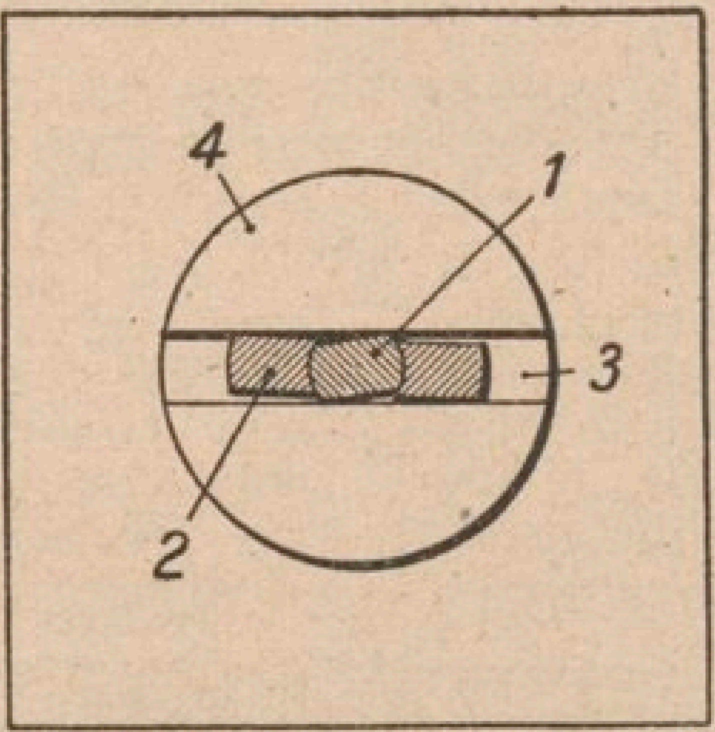


FIG. 2. — LE BISEAU MOBILE ET LE BISEAU FIXE SONT CONTRARIÉS DANS LA FENTE

Ce dispositif a, néanmoins, un inconvénient : il s'oppose complètement au remorquage de la voiture ; pour y obvier, il faudrait prévoir une commande qui maintiendrait les mâchoires écartées.

La vis saisie et maintenue par le tournevis lui-même.

Nous avons relevé, dans les petites inventions pratiques récemment brevetées, un tournevis qui saisit lui-même la vis, dispensant ainsi l'ouvrier de la tenir avec les doigts au moment de l'introduire dans la pièce et de la guider pendant que ses premiers filets s'engagent dans le bois ou le métal.

Dans la forme d'exécution que reproduisent les figures 1 et 2, nous voyons que la tige habituelle *2* du tournevis est traversée longitudinalement par une tige tournante *1*, désignée sous le nom de tige de prise, dont l'extrémité est taillée en biseau comme, d'ailleurs, le bout de la tige ordinaire. Normalement, le biseau mobile central coïncide en alignement avec les deux parties latérales du biseau du tournevis proprement dit.

En nous reportant à notre dessin d'ensemble (fig. 3), on voit qu'à un certain endroit de sa longueur, la tige de prise est munie d'un collier *2*. Un ressort à boudin *3* entoure la partie postérieure *4* de la tige et exerce sa pression sur le collier *2* par l'intermédiaire d'une rondelle. L'extrémité opposée de ce ressort porte contre un écrou *5* qu'elle pousse vers le manche *6* de l'outil. Cet écrou glisse le long du corps mais un goujon d'arrêt *7*, pouvant se déplacer dans des fentes longitudinales *8*, l'empêche de tourner. La tige de prise *1* se termine à

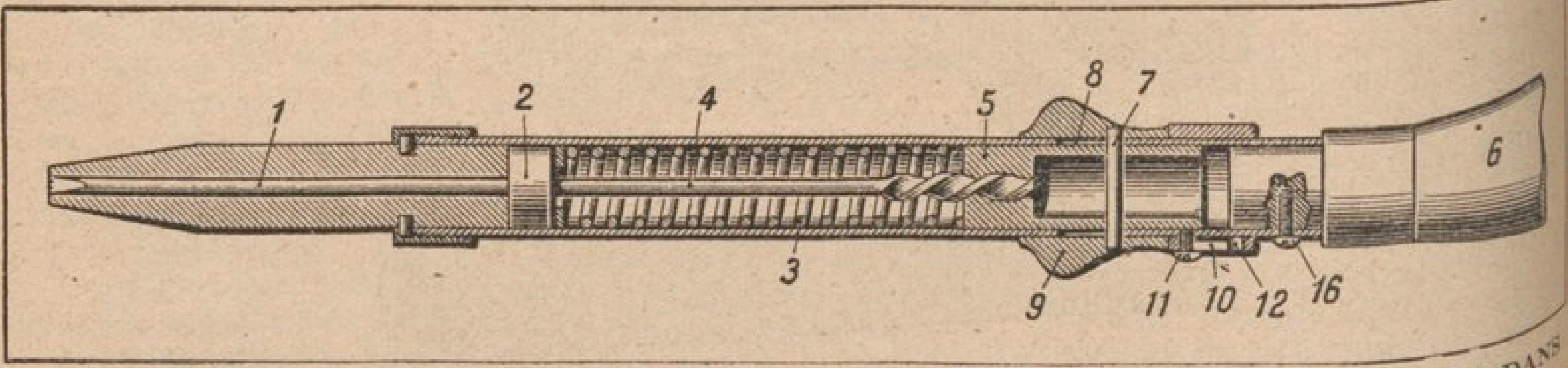
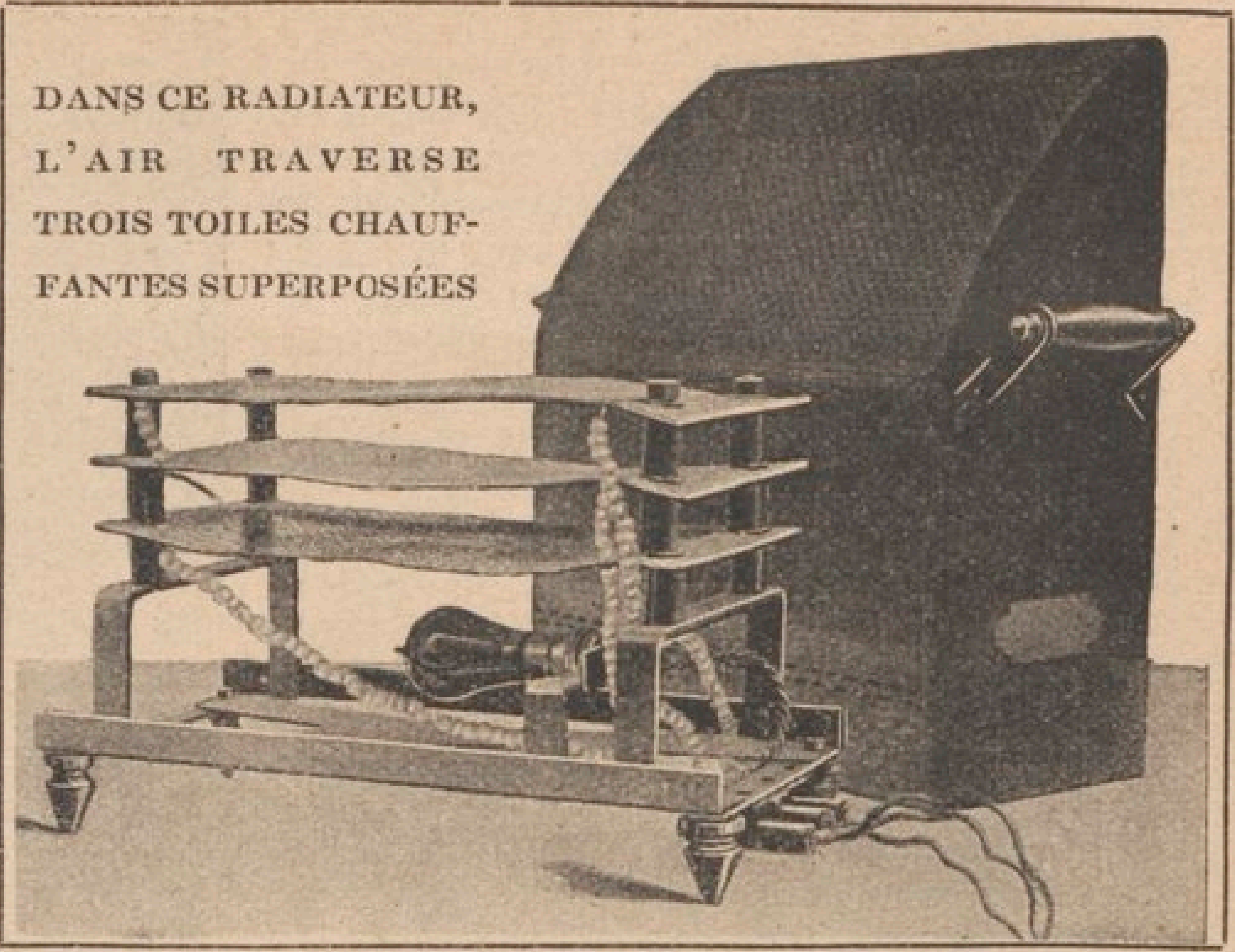


FIG. 3 — C'EST A LA FAÇON DONT L'EXTRÉMITÉ DE LA TIGE CENTRALE 1 S'ORIENTE DANS LA FENTE DE LA VIS, QUE L'OUTIL DOIT DE POUVOIR SAISIR ET MAINTENIR CETTE DERNIÈRE

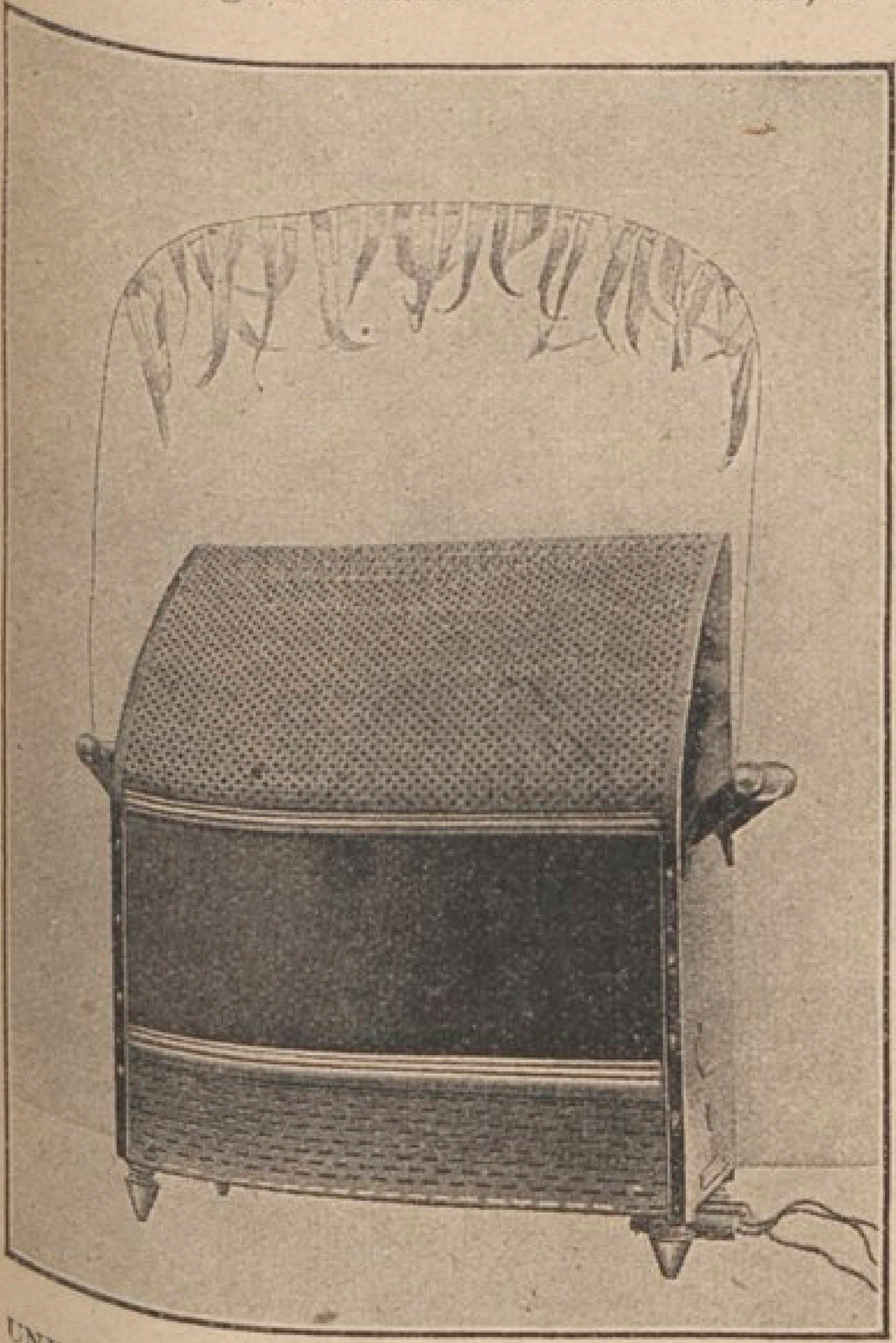
sa partie postérieure par un filetage hélicoïdal qui est engagé dans l'écrou *5* ; par conséquent, lorsque celui-ci se déplace, il provoque la rotation de la tige de prise. Comme le ressort *3* pousse constamment l'écrou vers le manche, il en résulte que la tige en question tourne d'un angle correspondant à la quantité dont l'écrou peut se déplacer. La rotation de la tige est dirigée dans le sens inverse de celui des aiguilles d'une montre.

L'écrou peut être immobilisé en fin de course par un manchon *9* qui glisse le long du tournevis et engage les extrémités du goujon transversal *7*, lequel présente une fente longitudinale *10* dans laquelle passe un bouton d'arrêt *11* ; la fente se prolonge latéralement par une encoche ou cran d'arrêt *12*. Il s'ensuit qu'en imprimant au manchon *9*, lorsqu'il est arrivé en fin de course, un léger mouvement de rotation, on le verrouille en position, ce qui immobilise du même coup la tige de prise. Dans ces conditions, l'extrémité libre de cette dernière est en position normale, c'est-à-dire que son biseau est en alignement avec celui de la tige ordinaire de l'outil. Mais, si on fait échapper du cran d'arrêt *12* le bouton *11*, le manchon *9*, et avec lui l'écrou *5* sont repoussés en arrière par la décompression du ressort, et la tige de prise est amenée à tourner d'une quantité limitée par le jeu existant entre son biseau et la fente de la vis. C'est ce qu'on voit sur la figure 2 qui montre les arêtes de la tige appliquées contre les faces opposées de la fente de la vis, tandis que les arêtes de la pointe *2* du tournevis s'y appliquent également, mais en sens contraire, c'est-à-dire dans le sens suivant lequel il faut faire tourner la vis pour la poser.

L'énergie avec laquelle la vis est ainsi tenue par l'outil est, paraît-il, remarquable.



DANS CE RADIATEUR, L'AIR TRAVERSE TROIS TOILES CHAUFFANTES SUPERPOSÉES



UNE DÉMONSTRATION PROBANTE DE L'EXISTENCE ET DE L'INTENSITÉ DU COURANT D'AIR

De l'air chaud en masse par l'électricité.

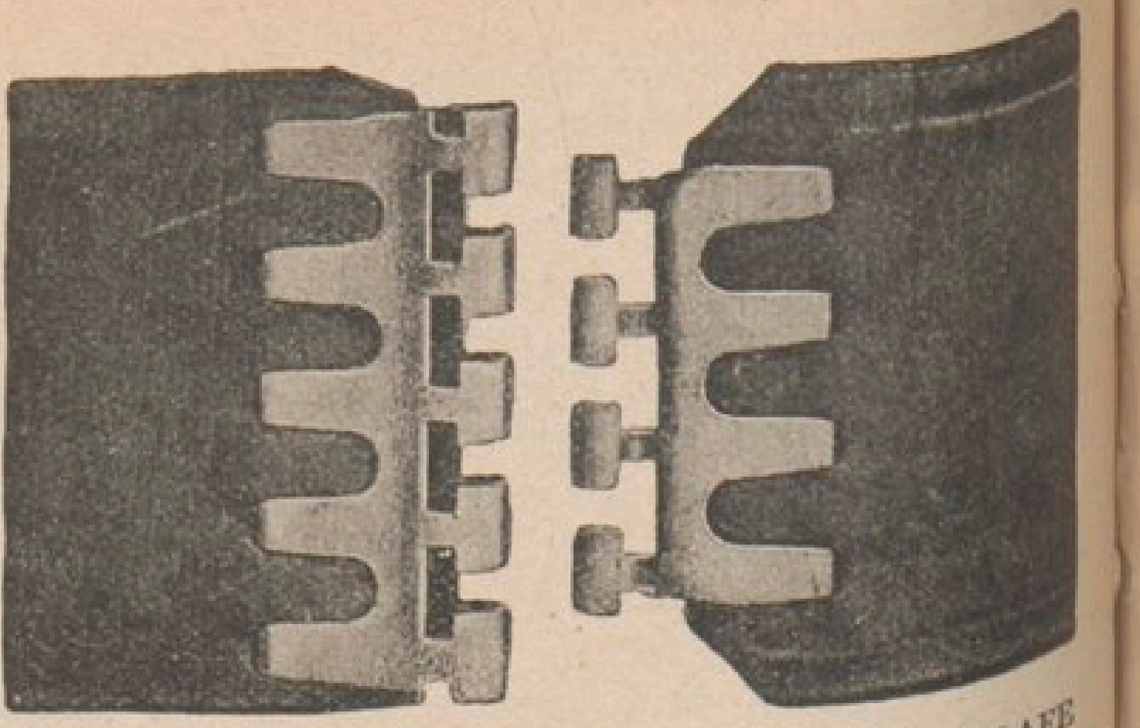
Le chauffage électrique des appartements et bureaux est à l'ordre du jour depuis qu'on ne trouve guère de bon charbon pour alimenter grilles et poêles. Encore faut-il, dans la plupart des cas, faire installer un circuit de force avec compteur spécial, tant pour ne pas payer le tarif fort, celui de la lumière, que pour disposer d'une intensité suffisante. A supposer résolu le problème de l'alimentation en courant électrique, il faut aussi faire choix d'un bon radiateur. Il n'est pas dans notre intention d'entamer ici la critique des appareils offerts sur le marché, bien qu'ils soient, pour la plupart, loin d'être parfaits. Nous voulons simplement signaler à nos lecteurs un radiateur nouveau, qui semble bien constituer un progrès dans la voie du chauffage pratique par l'électricité. A rendement égal, il est, en effet, très sensiblement plus économique que ceux que nous avons eu jusqu'ici l'occasion d'étudier et, inversement, pour une même consommation de courant électrique son rendement calorique est supérieur.

Dans ce radiateur, l'élément chauffant est

constitué par la superposition d'un certain nombre de toiles faites d'un ensemble de fils d'amiante sur lesquels est disposé un fil continu de métal présentant une grande résistance ohmique spécifique, tel que le maillechort, le constantan, l'invar, le ferro-nickel, etc... Sur l'un ou les deux côtés de la trame ainsi formée sont ménagées autant de sorties de fil qu'il est besoin pour réaliser des prises de courant en nombre variable, correspondant à des réglages de la température du radiateur. Les toiles chauffantes sont tendues sur des supports placés un peu au-dessous du centre d'une cage métallique ouverte à sa partie inférieure. Cette cage est montée sur pieds et percée de trous au sommet et vers le bas. Sous la dernière toile est montée une lampe-témoin rouge, qui s'allume lorsque l'appareil est en circuit et reste allumée tant que le radiateur fonctionne.

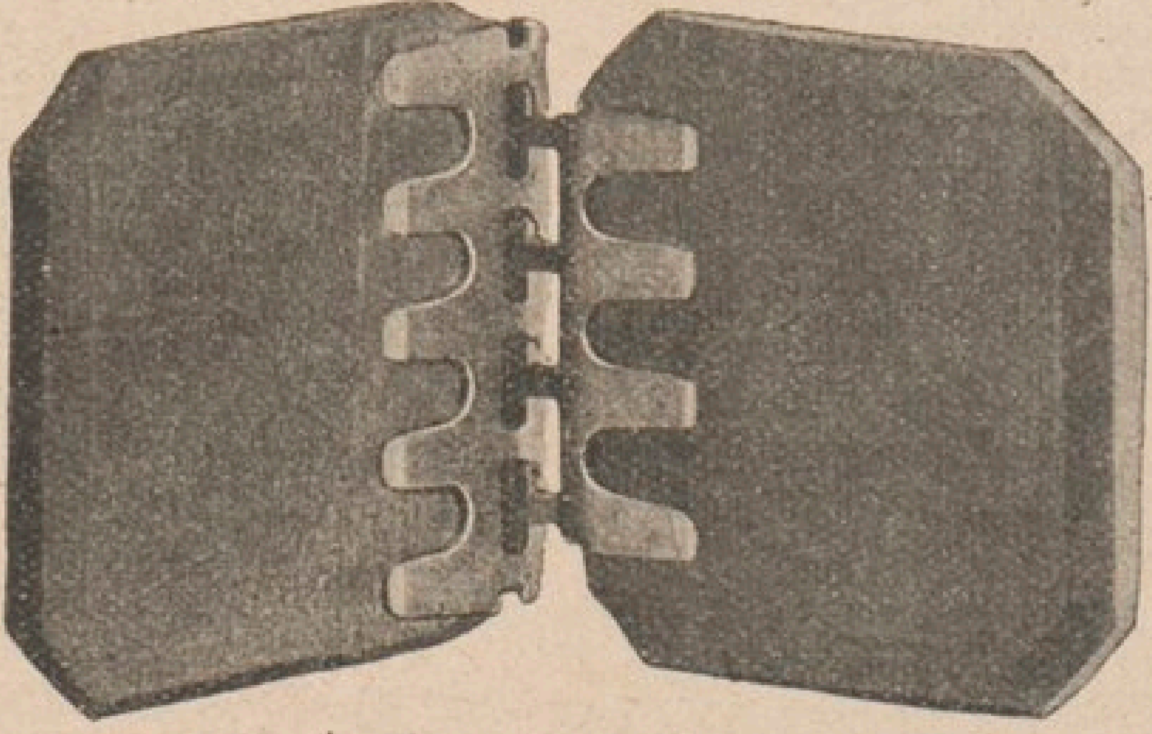
Dès que les toiles sont échauffées par le courant, ce qui se produit presque instantanément, il se crée, au-dessous, un violent appel d'air ; cet air s'engouffre dans l'appareil à la fois par l'espace libre ménagé entre le sol et la partie inférieure de la cage et par les trous percés à la base ; il traverse les cellules des toiles, s'échauffe fortement et sort par les trous percés au sommet de l'appareil. L'inventeur a réalisé ainsi une véritable cheminée électrique à tirage accéléré. Contrairement à ce qui se passe avec les radiateurs ordinaires, les échanges de température entre les éléments chauffants et l'air ambiant ne font pas intervenir le rayonnement, mais uniquement la convexion, et cela est tellement vrai, que les flasques de l'appareil demeurent presque froides quand, cependant, le débit et la température de l'air chaud sont tous deux maxima.

Pour diffuser rapidement la chaleur, on recommande de placer le radiateur sous une table ; bien entendu, l'appareil peut être déplacé d'une pièce à l'autre avec facilité.


LES PARTIES MALE ET FEMELLE DE L'AGRAFE

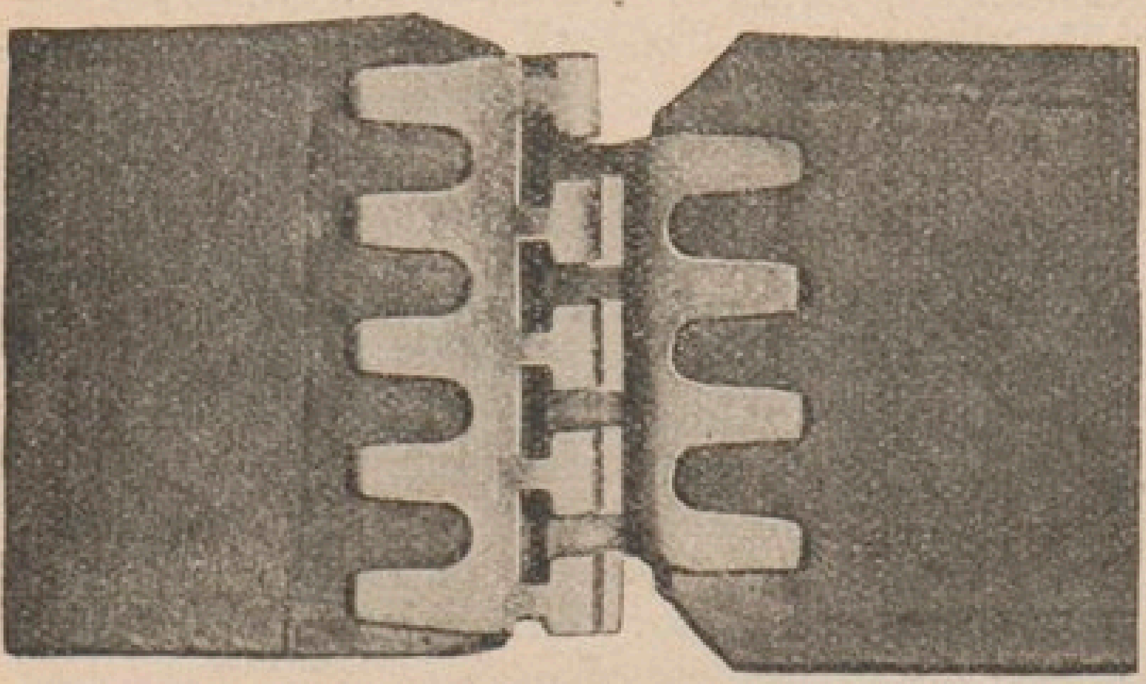
Agrafage rapide des courroies.

Cette agrafe est constituée par deux pièces : une mâle et une femelle, s'articulant ensemble sans axe intermédiaire. Chaque pièce est munie de crampons que l'on enfonce et rabat dans la courroie à coup de marteau. Nos photographies montrent certainement mieux que nous ne saurions les décrire, la forme des deux pièces de prise et la manière simple et rapide dont elles s'articulent.


LA PREMIÈRE INTRODUITE DANS LA SECONDE

L'agrafe nouvelle ne présente ni saillie ni aspérité ; l'effort de traction se répartit sur toute sa largeur. Etant donnée la rapidité de montage et de démontage, il est facile d'éviter la perte résultant des coupures que l'on est obligé de pratiquer de temps à autre pour tendre les courroies. Supposons, en effet, une courroie dont le développement doit être exactement de 8 mètres. Coupons-la à 7 m. 50 et intercalons entre les deux extrémités un tronçon supplémentaire de 0 m. 50 au moyen, par conséquent, de deux agrafes. Par suite de son allongement, la courroie, après quelques jours de service, n'aura plus la tension voulue. On enlèvera alors le tronçon supplémentaire de 0 m. 50 et on y substituera une longueur plus petite, par exemple, de 0 m. 45, puis de 0 m. 40, et ainsi de suite jusqu'au moment où, peut-être, on sera conduit à raccorder directement les extrémités de la grande longueur. Bien entendu, les tronçons de petites longueurs pourront servir pour d'autres courroies. On évitera ainsi de pratiquer dans ces dernières des coupes de 5 et 10 centimètres qui, trop souvent répétées, forment, en fin d'année, une perte appréciable.

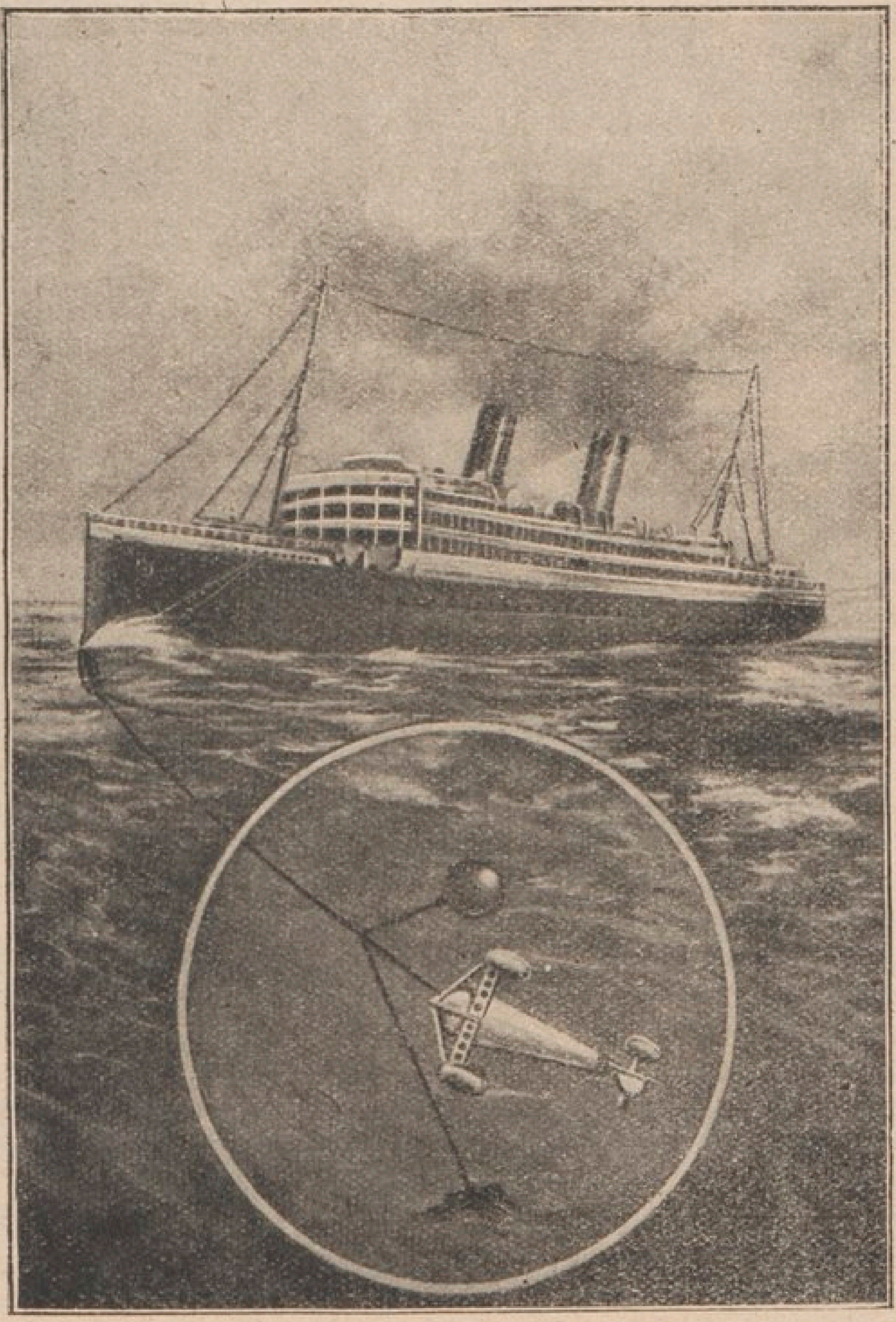
V. Rubor.


LES DEUX BOUTS DE LA COURROIE AGRAFÉS

COMMENT ON PROTÉGEA LES NAVIRES CONTRE LES MINES SOUS-MARINES

La lutte engagée pendant la guerre par les marines alliées contre les mines et les sous-marins ennemis fut fertile en remarquables inventions auxquelles un nombre très important de navires de guerre et de commerce durent leur salut. L'une de ces inventions, celle d'un appareil destiné à protéger les bâtiments contre les mines sous-marines, a été dévoilée il y a quelque temps par l'amirauté britannique ; elle est due à un officier de marine anglais.

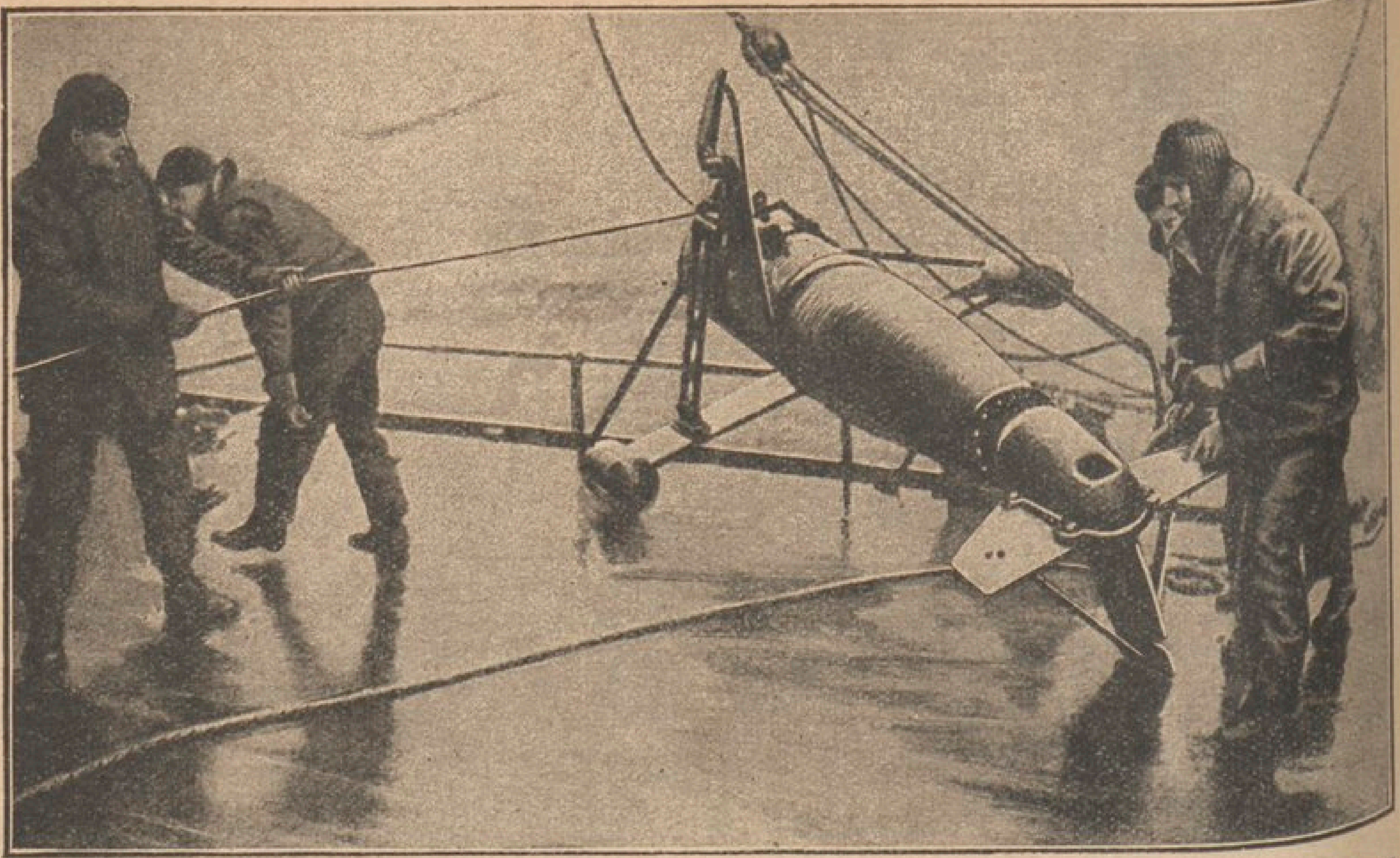
L'appareil en question, baptisé du nom de *paravane*, consiste en un corps métallique creux ressemblant assez bien à la torpille automobile ; ce corps est muni d'une cisaille capable de couper les orins en acier qui relient les mines à leurs crapauds d'ancrage et de deux flotteurs latéraux réunis par une entretoise rigide mais percée de trous pour être plus légère. La queue est également munie d'un flotteur, plus petit, et possède un gouvernail calé sous un certain angle, de manière à empêcher le paravane de tourner sur lui-même autour de son grand axe, et, par suite, à obliger l'appareil à toujours présenter sa cisaille dans la position requise.



DE CHAQUE COTÉ DU NAVIRE COURAIT UN « PARAVANE » QUI COUPAIT TOUS LES ORINS DE MINE RENCONTRÉS

Un paravane était mis à l'eau de chaque bord du navire à protéger ; il était relié à l'étrave de ce dernier au moyen d'un câble muni, non loin de son point d'attache au paravane, d'une part, d'une gueuse empêchant l'appareil de remonter à la surface sous l'effet de la vitesse du navire, et, d'autre part, d'un plan destiné à obliger l'appareil à demeurer constamment écarté du bâtiment alors que, sous l'effet de la progression du navire dans le milieu liquide, sa tendance naturelle était, au contraire, de s'en rapprocher. Chaque paravane était, en outre du câble de remorque, relié au navire par un filin permettant de le hisser à bord.

En ordre de marche, les deux paravanes couraient donc parallèlement au bâtiment et à une certaine profondeur, au bout de leur câble raidi. Dans ces conditions, l'orin de toute mine sous-marine se trouvant sur le passage du navire (hormis le cas où l'un de ces meurtriers



LORSQUE LA ZONE DANGEREUSE ÉTAIT FRANCHIE, ON HISSAIT, AU MOYEN DE PALANS, LES DEUX « PARAVANES » SUR LE PONT DU NAVIRE

engins se fût trouvé exactement dans l'axe de la route du bâtiment), était accroché par le câble de l'un des paravanes et amené à glisser sur ledit câble jusqu'au moment où, rencontrant l'appareil, il était coupé net par la cisaille de ce dernier. Remontant immédiatement à la surface sous l'effet de sa flottabilité positive, la mine était alors signalée par les timoniers de veille et détruite à coups de fusil ou de mitrailleuse.

C'est là la méthode la plus simple de protection extérieure contre les mines qu'on ait pu trouver au cours de la guerre sous-marine, et c'est précisément parce qu'elle est très simple qu'elle est efficace et qu'on put l'adopter. Le problème avait été pourtant attaqué de toutes les manières par une multitude de chercheurs qui, pour la plupart, n'ont jamais compris qu'entre la coque d'un navire, d'une part, et une mine ou une torpille automobile, d'autre part, on ne pût ou voulût interposer une barrière efficace. On ne le voulait pas parce qu'on ne le pouvait pas et on ne le pourrait pas davantage demain si la guerre recommençait. Seuls, en effet, des appareils comme le paravane, c'est-à-dire ayant de petites dimensions et possédant une flottabilité et une indépendance de mouvements propres, sont susceptibles de protéger un navire sans l'alourdir, l'encombrer, ou paralyser sa manœuvre au point de rendre le remède pire que le mal.

Or, si le paravane a réalisé une protection efficace contre les engins stationnaires et reliés au fond que sont la plupart des mines sous-marines, il ne pouvait, et ne prétendait d'ailleurs pas pouvoir assurer la moindre sauvegarde contre les torpilles automobiles pour lesquelles, il faut bien le dire, le problème reste entier. Et c'est parce que ce problème ne comporte à notre avis aucune solution pratique mais seulement des palliatifs très aléatoires, que toutes les marines de guerre seront vraisemblablement obligées, dans un avenir prochain, de renoncer aux cuirassés de surface. Si le Pacte des Nations se montre incapable de maintenir la paix dans le monde, les guerres futures ne mettront, selon nous, en présence, sur mer, que des croiseurs-cuirassés submersibles, armés de canons de gros calibre et de tubes lance-torpilles qui, par surcroît, seront des mouilleurs de mines dérivantes et non ancrées. Les Allemands s'étaient, d'ailleurs, déjà engagés dans cette voie en construisant des sous-marins dont la protection, les dimensions, la vitesse et l'armement égalaient ceux des croiseurs légers de surface.

Souhaitons, puisqu'on ne nous laisse pas encore espérer la fin des armements, que nos autorités navales s'inspirent de cet exemple et renoncent à ces mastodontes vulnérables, peu maniables et si coûteux que sont les cuirassés modernes.

Le Gérant : Lucien JOSSE. Paris — Imp. VERDIER, 18, rue d'Enghien.

Tout appareil
NON REVÊTU de notre marque *"LA VOIX DE SON MAITRE"* n'est pas un **GRAMOPHONE**

N'achetez rien avant de *comparer* avec nos modèles scientifiquement conçus.

DEMANDEZ le Catalogue "Science" nous vous ferons parvenir les adresses de nos revendeurs

... Puisque vous devez chanter pour le " Gramophone ", qui m'a tellement ravi, n'oubliez pas d'y faire entendre quelques mesures de votre ami.....

MASSENET

Cie Fse du GRAMOPHONE
115, Bd Richard-Lenoir - PARIS

MARQUE DÉPOSÉE

LA VOIX DE SON MAITRE

"LES APPLICATIONS DU MOTEUR BALLOT AUX ARMÉES"

LE PROCHAIN NUMÉRO DE LA "SCIENCE ET LA VIE"
PARAITRA EN NOVEMBRE 1919